

1/9/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012153062 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-569974/199849

XRPX Acc No: N98-443584

Colour laser printer with single beam forming optical system - has three lasers of different wavelengths providing outputs that are multiplexed into scanning stage

Patent Assignee: EASTMAN KODAK CO (EAST )

Inventor: GRIFFITH J D; HARRIGAN M E; NARAYAN B; SUMMERS D D

Number of Countries: 003 Number of Patents: 005

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
DE 19817591	A1	19981029	DE 1017591	A	19980420	199849 B
US 5835280	A	19981110	US 97841418	A	19970422	199901
US 5838355	A	19981117	US 97841442	A	19970422	199902
JP 11070698	A	19990316	JP 98146471	A	19980420	199921
US 6031561	A	20000229	US 97841442	A	19970422	200018
			US 9825273	A	19980218	

Priority Applications (No Type Date): US 9825694 A 19980218; US 97841418 A 19970422; US 97841442 A 19970422; US 97841443 A 19970422; US 9825273 A 19980218

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
DE 19817591	A1	23		H04N-001/032	
US 6031561	A			B41J-002/47	CIP of application US 97841442
JP 11070698	A	54		B41J-002/44	
US 5835280	A			G02B-003/00	
US 5838355	A			B41J-002/47	

Abstract (Basic): DE 19817591 A

The colour printer has three light sources for the RGB components (22,24,26). The outputs are received by opto-acoustic modulators (32,34,36) that receive image data.

The optical outputs are multiplexed (40) through optical fibres. The generated signal is passed through a focussing lens (50) and optical system (52) to be reflected off a rotating prism (63) and onto the printing surface (100).

ADVANTAGE - Allows use of normal photographic paper and is compact and cheap.

Dwg.1/11

Title Terms: COLOUR; LASER; PRINT; SINGLE; BEAM; FORMING; OPTICAL; SYSTEM; THREE; LASER; WAVELENGTH; OUTPUT; MULTIPLEX; SCAN; STAGE

Derwent Class: P75; P81; P84; T04; W02

International Patent Class (Main): B41J-002/44; B41J-002/47; G02B-003/00; H04N-001/032

International Patent Class (Additional): B41J-002/525; G02B-026/08; G02B-026/10; G03F-007/20; H04N-001/113

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): T04-G04A1; T04-G07; W02-J02B2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



DE 198 17 591 A 1

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Off nlegungsschrift  
10 DE 198 17 591 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 04 N 1/032  
G 02 B 26/10  
G 03 F 7/20  
B 41 J 2/525

21 Aktenzeichen: 198 17 591.4  
22 Anmeldetag: 20. 4. 98  
43 Offenlegungstag: 29. 10. 98

30 Unionspriorität:

841443	22. 04. 97	US
841418	22. 04. 97	US
841442	22. 04. 97	US
025273	18. 02. 98	US
025694	18. 02. 98	US

71 Anmelder:

Eastman Kodak Co., Rochester, N.Y., US

74 Vertreter:

Lewandowsky, K., Pat.-Ass., 73342 Bad Ditzgenbach

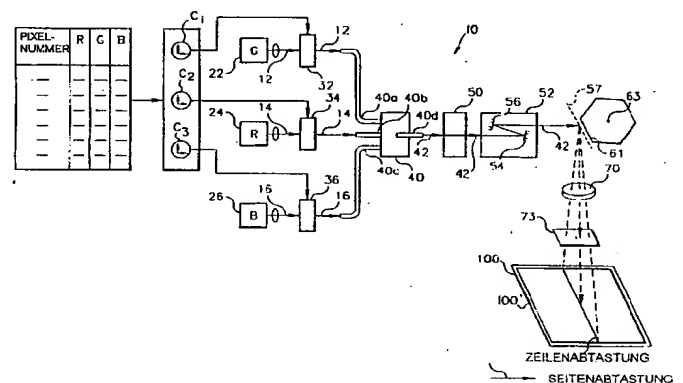
72 Erfinder:

Narayan, Badhri, Rochester, N.Y., US; Griffith, John D., Rochester, N.Y., US; Harrigan, Michael E., Webster, N.Y., US

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Printer

57 Die vorliegende Erfindung betrifft einen Printer (10) zum Erzeugen von Farbbildern. Dieser Printer umfaßt (a) mindestens zwei Lichtquellen (22, 24, 26), die jeweils einen Lichtstrahl unterschiedlicher Wellenlänge erzeugen, (b) mindestens zwei Modulatoren (32, 34, 36), die jeweils die Intensität eines jeden Lichtstrahls durch Bilddaten modulieren, um modulierte Lichtstrahlen zu erhalten, (c) eine strahlenzusammenführende Vorrichtung (40), die die modulierten Lichtstrahlen in einen einzelnen Lichtstrahl moduliert, (d) einen einzelnen Satz strahlenformender optischer Mittel (52), die den einzelnen Lichtstrahl in einen geformten Lichtstrahl umformen, der unterschiedliche Ablenkungen und verengte Stellen in der Seiten- und Zeilenrichtung aufweist, (e) ein Lichtablentelement (60), das den geformten Lichtstrahl derart ablenkt, daß ein abgelenkter Strahl entsteht, und (f) ein Objektiv (70) mit einer Blende f- $\theta$ , das den abgelenkten Lichtstrahl auf eine entsprechende Bildfläche fokussiert.



DE 198 17 591 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf Farbprinter, insbesondere auf Farbprinter, die mit mehreren Laserquellen arbeiten, die Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge erzeugen.

5 Laserprinter werden in der Fotografie und in der Grafik für das Drucken auf einem lichtempfindlichen Medium, z. B. Film oder Papier, eingesetzt. Bei Einsatz für die Herstellung von Farbbildern umfassen sie normalerweise drei verschiedene Lichtquellen, die jeweils einen Lichtstrahl unterschiedlicher Wellenlänge erzeugen. Die von diesen Lichtquellen erzeugten Lichtstrahlen werden jeweils mittels dreier getrennter Strahlformoptiken (jeweils eine pro Lichtstrahl) geformt und dann zu einem Lichtstrahl mit drei coaxialen Komponenten zusammengefaßt. Danach wird der Lichtstrahl mittels  
10 eines eine Vielzahl reflektierender Facetten aufweisenden Drehpolygons über einen Winkelbereich geführt. Im optischen Weg zwischen dem Polygon und dem lichtempfindlichen Medium ist ein Objektiv mit einer Blende f- $\theta$  angeordnet. Beim Auftreffen auf das Polygon und das f- $\theta$ -Objektiv wird der Lichtstrahl normalerweise in jeder der drei Wellenlängen kollimiert. Ein Printer dieser Art ist in US-A-4,821,113 beschrieben. Dieser Printer weist nicht nur für jeden Lichtstrahl eine getrennte Strahlformoptik auf, sondern arbeitet auch im Infrarotlicht-Bereich (I.R.-Bereich).

15 Da der Printer im I.R.-Bereich arbeitet, kann er zum Erzeugen von Druckbildern kein herkömmliches fotografisches Papier auf Silberhalogenidbasis verwenden. Statt dessen muß er "anders sensibilisiertes" Papier verwenden, das den speziellen interessierenden Wellenlängen angepaßt ist (d. h. 780 nm, 830 nm und 880 nm). Denn herkömmliches fotografisches Papier ist für das Belichten mit sichtbarem Licht bestimmt und weist für Blau, Grün und Rot empfindliche Schichten auf, die im endgültigen Bild Farbschichten in den Farben Gelb, Magenta und Zyan erzeugen. Laserprinter, die mit Laserstrahlen im Infrarotbereich arbeiten, benötigen als lichtempfindliches Medium ein speziell sensibilisiertes Papier, bei dem statt der für Rot, Grün und Blau sensibilisierten Schichten für drei verschiedene Infrarot-Wellenlängen empfindliche  
20 Schichten vorgesehen sind.

Entwicklung, Herstellung und Vertrieb dieses speziell sensibilisierten Papiers sind teuer.

US-A-5,111,325 und 5,018,805 beschreiben jeweils einen Farbprinter, der mit Lichtstrahlen mit Wellenlängen von  
25 750 nm, 810 nm und 870 nm (I.R.-Bereich) arbeitet. Auch bei diesem Printer sind drei Strahlformoptiken vorgesehen. Das in US-A-5,111,325 beschriebene f- $\theta$ -Objektiv arbeitet mit drei Lichtstrahlen mit unabhängig voneinander gesteuerter Ablenkung. Mit "Ablenkung" wird im Sinne dieser Beschreibung angegeben, ob der Lichtstrahl in das f- $\theta$ -Objektiv kollimiert, konvergierend oder divergierend eintritt. Ein kollimierter Lichtstrahl weist die Ablenkung Null auf, ein divergierender Lichtstrahl eine negative Ablenkung und ein konvergierender Lichtstrahl eine positive Ablenkung. Der Begriff der "Ablenkung" ist im vorstehend erwähnten Dokument US-A-5,111,325 in Spalte 4, Zeilen 46-62 näher erläutert. Da die axiale Farbabweichung mit der Fokussierung zusammenhängt, sind dafür nicht nur Abweichungen des f- $\theta$ -Objektivs selbst, sondern auch die Ablenkung des in das f- $\theta$ -Objektiv einfallenden Lichtstrahls verantwortlich. Bei dem in US-A-5,111,325 und 5,018,805 beschriebenen Patent wird die Ablenkung jedes der drei Lichtstrahlen durch eine in jedem Farbkanal angeordnete eigene Strahlformoptik gesteuert. Daher werden bei diesem Printer mindestens drei getrennte Strahlformoptiken benötigt. Diese drei Strahlformoptiken ermöglichen es, die Ablenkungen der drei Lichtstrahlen  
30 jeweils getrennt zu steuern, was zwar das Problem der axialen Farbabweichung wesentlich abmildert, aber zu größerer Komplexität führt und die Herstellung und Montage verteuert.

US-A-4,728,965 beschreibt einen Farbprinter mit drei Lichtquellen, die jeweils einen Lichtstrahl im sichtbaren Wellenlängenbereich (rot, grün bzw. blau) erzeugen. Dieser Printer kann fotografisches Papier verwenden. Aber er besitzt drei Strahlformoptiken (jeweils eine pro Kanal).  
40

US-A-5,475,415 beschreibt einen Thermodrucker mit mehreren Lichtquellen. Bei diesem Druckertyp weisen alle Lichtstrahlen dieselbe Wellenlänge auf. Die mehreren Lichtquellen werden hier einfach zur Erhöhung des Durchsatzes des Druckers eingesetzt. Da alle Lichtstrahlen dieselben Merkmale (Wellenlänge und Divergenz) aufweisen, können sie von nur einer Strahlformoptik geformt werden. Eine Ausbildung dieser Art eignet sich jedoch wegen Farbabweichungen  
45 nicht für Farbprinter, die mit Lichtstrahlen unterschiedlicher Wellenlänge und unterschiedlicher Ablenkungen arbeiten.

Die Erfindung stellt einen Printer gemäß Anspruch 1 bereit.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1a** eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Printers mit einem f- $\theta$ -Objektiv;

50 **Fig. 1b** eine schematische Darstellung der Farbtrennung entlang einer Abtastzeile auf der Oberfläche eines lichtempfindlichen Mediums;

**Fig. 2** die Zuführung eines der Lichtstrahlen zu einem der Modulatoren des Printers gemäß **Fig. 1a** in schematischer Darstellung;

**Fig. 3** in schematischer Darstellung, wie Lichtstrahlen in Lichtleitfasern eingekoppelt und dann den Modulatoren des Printers gemäß **Fig. 1a** zugeführt werden können;

**Fig. 4** eine Draufsicht auf die Linsenanordnung des in **Fig. 1a** dargestellten f- $\theta$ -Objektivs;

**Fig. 5** eine schematische Darstellung einer verengten Stelle eines zusammengesetzten Lichtstrahls, wie diese am Ausgang einer die Lichtstrahlen zusammenfassenden Lichtleitfaser vorliegt

**Fig. 6 und 7** schematische Darstellungen eines Lichtstrahls mit einem Satz Strahlverengungen  $W_1$  in einer Ebene und einem anderen Satz Strahlverengungen  $W_2$  in einer anderen Ebene;

**Fig. 8a** eine schematische Seitenansicht des f- $\theta$ -Objektivs nach **Fig. 4** in Kombination mit einem Planspiegel und einem zylindrischen Spiegel sowie eines durch das f- $\theta$ -Objektiv hindurchgehenden und auf das lichtempfindlichen Medium auftreffenden Lichtstrahls;

**Fig. 8b-8d** drei perspektivische Ansichten des f- $\theta$ -Objektivs nach **Fig. 4**, vor dem Polygon angeordneter Strahlform- und Fokussier-Optiken, eines nach dem Polygon angeordneten zylindrischen Spiegels und einer zugehörigen Bildoberfläche;

**Fig. 8e** eine Ausführungsform des nach dem Polygon angeordneten zylindrischen Spiegels;

**Fig. 9a-9c** Draufsichten auf das f- $\theta$ -Objektiv, den Planspiegel und den zylindrischen Spiegel gemäß **Fig. 8a**. Insbeson-

dere zeigen **Fig. 9a-9c** die Bahn des abgelenkten Lichtstrahls **42** bei den Polygon-Drehstellungen  $0^\circ$ - $13,5^\circ$  bzw.  $+13,6^\circ$ ;

**Fig. 10** ein Abweichungsdiagramm, aus dem die unterschiedlichen optischen Bahnen für alle drei Wellenlängen ersichtlich sind;

**Fig. 11** eine schematische Darstellung, aus der ersichtlich ist, wie unterschiedliche Farbstrahlen Pixel zu einem gegebenen Zeitpunkt  $T_1$  schneiden; und

**Fig. 12** eine schematische Darstellung, aus der verschiedene Pixel auf dem lichtempfindlichen Medium ersichtlich sind, auf die zu unterschiedlichen Zeitpunkten rote, grüne und blaue Lichtstrahlen einfallen.

#### Printer

In der folgenden Beschreibung und in der gesamten Anmeldung ist unter "Seitenrichtung" die Richtung quer zur Abtastrichtung zu verstehen, d. h. die Richtung senkrecht zur Abtastzeile, die durch die Drehung eines Polygons oder einer anderen Ablenkeinrichtung erzeugt wird. Unter "Zeilenrichtung" ist die Richtung der Abtastzeile zu verstehen, die durch die Drehung des Polygons oder einer anderen Ablenkeinrichtung erzeugt wird. Diese Richtungen beziehen sich jeweils auf das lokale Koordinatensystem einer optischen Komponente, wobei das Koordinatensystem durch Klappspiegel geneigt ist. Die optische Achse des Printers ist die Z-Achse, die Seitenrichtung die X-Richtung und die Zeilenrichtung die Y-Richtung.

Der in **Fig. 1a** dargestellte Printer **10** umfaßt insgesamt:

- (a) Einen digitalen Bildspeicher, der für jedes Pixel mindestens einer gerade abgetasteten Abtastzeile drei Werte enthält, von denen jeder die Lichtstärke repräsentiert, die bei einer der drei Wellenlängen erforderlich ist, um die richtige Farbe auf einem zugeordneten lichtempfindlichen Medium zu erzeugen,
- (b) drei Laserquellen, die jeweils einen Lichtstrahl unterschiedlicher Wellenlänge erzeugen,
- (c) Mittel zum individuellen Modulieren der Lichtstärke jedes der drei Lichtstrahlen, um drei modulierte Lichtstrahlen zu erzeugen,
- (d) Mittel zum Zusammenführen der drei modulierten Lichtstrahlen zu einem einzigen Strahl,
- (e) eine einzige apochromatische Strahlformoptik zum Formen des einzelnen Lichtstrahls derart, daß ein geformter Lichtstrahl mit unterschiedlichen Ablenkungen und Verengungen in Seiten- und Zeilen-Richtung erzeugt wird,
- (f) ein Strahlablelement, z. B. ein Drehpolygon mit einer Vielzahl reflektierender Facetten, zum Reflektieren des geformten Lichtstrahls,
- (g) ein f- $\theta$ -Objektiv, das bezüglich der primären und sekundären axialen Farbabweichung korrigiert, bezüglich der seitlichen Farbabweichung nicht korrigiert ist,
- (h) einen konjugierenden zylindrischen Spiegel, der in Verbindung mit dem f- $\theta$ -Objektiv Pyramidenfehler des Printers gleichzeitig in allen drei Wellenlängen korrigiert,
- (i) Mittel zum Halten und Transportieren des zugeordneten lichtempfindlichen Mediums in einer zur durch die Bewegung des Ablenkelements erzeugten Abtastzeile senkrechten Richtung. Bei dem zugeordneten lichtempfindlichen Medium handelt es sich um ein herkömmliches fotografisches Papier, das für die Strahlen der von den vorstehend beschriebenen Laserquellen erzeugten Wellenlängen empfindlich ist. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist das lichtempfindliche Medium ein planes Element, d. h. ein Blatt eines lichtempfindlichen Materials.

In dem f- $\theta$ -Objektiv wird die Farbe in seitlicher Richtung durch Auslesen der Werte aus dem digitalen Bildspeicher, Verarbeiten der Werte mit einer Prozessoreinheit und Modulieren der entsprechenden Lichtstrahlen mittels dreier Modulatoren mit drei unterschiedlichen Daten raten korrigiert. Die im digitalen Bildspeicher enthaltenen Pixeldaten steuern durch entsprechende Steuerung der Modulatoren die Lichtstärken der Lichtstrahlen der drei Laser. Die Trennung der Punkte unterschiedlicher Farbe (**Fig. 1b**) wird dadurch ausgeglichen, daß die Daten aus dem digitalen Bildspeicher der Modulatorsteuerschaltung mit drei unterschiedlichen Datenraten zugeführt werden.

Im einzelnen weist der Printer **10** gemäß **Fig. 1a** eine Vielzahl von Lichtquellen **22, 24** und **26** auf. Bei den Lichtquellen **22, 24** und **26** handelt es sich um Laserquellen, die Lichtstrahlen **12, 14** bzw. **16** im roten, grünen und blauen Wellenlängenbereich aussenden. Diese Lichtstrahlen **12, 14** und **16** werden zu einer Vielzahl optoakustischer Modulatoren gleitet. Bei dieser Ausführungsform dienen die optoakustischen Modulatoren **32, 34** und **36** als lichtmodulierende Elemente, die die Lichtstrahlen entsprechend der Bildinformation modulieren. Optoakustische Modulatoren sind an sich bekannt. Allerdings sind die das Licht modulierenden Elemente nicht auf solche Modulatoren beschränkt, sondern es können auch andere Mittel zum Modulieren der Lichtstrahlen eingesetzt werden.

Die optoakustischen Modulatoren **32, 34** und **36** modulieren jeweils den ihnen zugeordneten Lichtstrahl in der Weise, daß sie die Lichtstärke entsprechend den bereitgestellten Lichtdaten verändern. Dieser Vorgang wird im Abschnitt "Seitliche Farbkorrektur" dieser Beschreibung noch im einzelnen erörtert. Alle drei Lichtstrahlen werden gleichzeitig moduliert.

**Fig. 2** und **3** zeigen zwei bevorzugte Ausführungsformen zum Einkoppeln der Lichtstrahlen **12, 14, 16** der Laserquellen in die Modulatoren. In **Fig. 2** ist zu erkennen, daß ein Laserstrahl **12** dem Modulator **32** durch eine monochromatische Fokussierlinse **31** derart zugeführt wird, daß der Strahl am Modulator eine verengte Stelle aufweist. Eine ähnliche Anordnung wird auch für die Lichtstrahlen **14** und **16** verwendet. In **Fig. 3** ist zu erkennen, daß die Lichtstrahlen **12, 14, 16** alternativ über ein faseroptisches Verbindungselement **23, 25, 27** in eine Einmodenfaser eingekoppelt werden. Das faseroptische Verbindungselement besteht aus einer ersten Fokussierlinse **23a, 25a, 27a**, einer Faser **23b, 25b, 27b** und einem Faserhalter **23c, 25c, 27c**, der mechanisch so beweglich ist, daß die Faser bezüglich des Laserstrahls **12** präzise positioniert und in dieser Position gehalten werden kann, um so die in die Faser eingekoppelte Lichtmenge zu maximieren. Die am Ende der Faser **23b, 25b, 27b** erzeugte Lichtstrahlverengung wird durch eine zweite Linse **23d, 25d, 27d** nochmals so abgebildet, daß am Modulator **32, 34, 36** eine geeignete Lichtstrahlverengung entsteht. Im einzelnen bringt die Faser **25b, 26b, 27b** den Lichtstrahl zunächst in eine kreisrunde Form, und anschließend wird der Strahl am Modulator **32, 34,**

36 kreisförmig verengt.

Die modulierten Lichtstrahlen werden mittels eines optischen Elements, z. B. eines herkömmlichen faseroptischen Multiplexers 40 (siehe Fig. 1a) zu einem Lichtstrahl 42 zusammengefaßt. Der faseroptische Multiplexer 40 ist mit entsprechenden Faser-Verbindungselementen (ähnlich den faseroptischen Verbindungselementen 23, 25, 27) ausgestattet, die die aus den Modulatoren austretenden Lichtstrahlen in die Eingangsfasern 40a, 40b, 40c des faseroptischen Multiplexers 40 einkoppeln. Der faseroptische Multiplexer 40 erzeugt am Ausgang einer die Strahlen zusammenfassenden Faser 40d (siehe Fig. 5) eine Strahlverengung einer für jede der drei Farben unterschiedlichen Größe. Die Strahlverengungen liegen in einer gemeinsamen Ebene. Bei einer Ausführungsform betragen die Radien der Verengungen bei Intensität  $c^{-2}$ :

- 10 0,00189 mm bei  $\lambda=532$  nm (grün=G);  
0,00172 mm bei  $\lambda=457,9$  nm (blau=B) und  
0,00237 mm bei  $\lambda=685$  nm (rot=R).

Die am Ausgang der die Strahlen zusammenfassenden Faser 40d erzeugten Verengungen weisen eine kreisrunde Form auf.

Der zusammengefaßte Strahl (bestehend aus den roten, blauen, grünen Komponenten) verläßt den Multiplexer 40 (am Ausgang der Faser) als einzelner Lichtstrahl 42 entlang einer (den drei Komponenten gemeinsamen) optischen Achse 41 und wird zunächst einer apochromatischen Fokussierlinse 50 und anschließend einer einzelnen Strahlformoptik 52 zugeleitet (Fig. 1a). Die Fokussierlinse 50 bildet die drei am Ausgang 40d der Faser erzeugten Strahlverengungen (rot R, grün G, blau B) erneut in einem vergrößerten Satz Strahlverengungen ab und vermindert damit die Divergenz der drei zusammengefaßten Lichtstrahlen. Die verminderte Divergenz schafft Raum für die Strahlformoptik 52. Dadurch, daß als Fokussierlinse 50 eine apochromatische Linse gewählt wird, wird sichergestellt, daß die drei größeren (d. h. abgebildeten) runden Strahlverengungen in einer gemeinsamen Ebene liegen. Die durch die Fokussierlinse 50 erzeugten drei größeren runden Strahlverengungen bilden eine kombinierte Strahlverengung, die der Strahlformoptik 62 als Eingabe zugeführt wird.

Die Strahlformoptik 52 enthält zwei zylindrische Spiegel 64 und 56. Der erste zylindrische Spiegel 54 wirkt nur in Seitenrichtung. Der zweite zylindrische Spiegel 56 wirkt nur in Zeilenrichtung. Bei einer Ausführungsform weist der erste zylindrische Spiegel 64 einen konkaven Krümmungsradius von  $-119,146$  mm in der X-Z-Ebene und eine Neigung in der X-Z-Ebene auf, die den einzelnen Lichtstrahl um 6 Grad abgelenkt. Der zylindrische Spiegel 66 weist einen konkaven Krümmungsradius von  $-261,747$  mm in der Y-Z-Ebene und eine Neigung in der Y-Z-Ebene aus, die die Richtung des Lichtstrahls wiederherstellt, die er vor dem Auftreffen auf den zylindrischen Spiegel 54 hatte. Der zylindrische Spiegel 54 formt den einzelnen Lichtstrahl 42 derart, daß sich drei (im wesentlichen in einer Ebene liegende) Verengungen  $W_1$ , d. h. jeweils eine für die drei Wellenlängen, in Seitenrichtung ergeben. Auf der Polygonfacette 61 oder in deren Nähe liegen die drei Verengungen in der Ebene 57 (siehe Fig. 1a und 6). Außerdem formt der zylindrische Spiegel 56 den einzelnen Lichtstrahl 42 derart, daß für jede der drei Wellenlängen drei in einer Ebenen liegende Verengungen in Zeilenrichtung erzeugt werden. Diese drei Verengungen  $W_2$  liegen in der Ebene 73 (Fig. 7) etwa einen Meter hinter dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  der f- $\theta$ -Linse 70 (siehe Fig. 4). Größen und Orte dieser verengten Stelle für jede der drei Wellenlängen werden im Abschnitt "Strahlformung und Pyramidenkorrektur" dieser Beschreibung dargestellt. Der Printer in dieser Ausführungsform eignet sich für den Einsatz in Verbindung mit jeder Lichtstrahl-Formoptik, die Strahlverengungen an den im Abschnitt "Lichtstrahlformung und Pyramidenkorrektur" der Beschreibung beschriebenen Stellen erzeugt.

Wie bereits erwähnt, wird der Lichtstrahl 42, nachdem er durch die Strahlformoptik 52 geformt wurde, auf die Polygonfacette 61 geleitet. Die Facette 61 liegt in der oder nahe der Ebene 57. Gemäß der Erfindung wird ein Drehpolygon-Ablenkelement verwendet; allerdings ist die Verwendung auch anderer Ablenkelemente oder Abtastmittel möglich, solange sie in der Lage sind, den einzelnen Lichtstrahl bei der für den Printer erforderlichen hohen Geschwindigkeit ausreichend weit abzulenken.

In der Mitte der Abtastzeile (hier als Polygondrehung  $0^\circ$  definiert) trifft der Lichtstrahl im Winkel von 30 Grad auf die Polygonfacette 61 auf. Der auf die Polygonfacette 61 auftreffende Lichtstrahl 42 und der von der Polygonfacette 61 reflektierte einzelne Lichtstrahl 42 bilden eine sich senkrecht zur Drehachse 63 des Polygons erstreckende Ebene. Mit anderen Worten, der Auftreffwinkel weist keine Komponente in Seitenrichtung auf.

Der von der Polygonfacette 61 reflektierte abgelenkte Lichtstrahl 42 tritt in die f- $\theta$ -Abtastlinse 70 ein, während diese eine sich senkrecht zur Drehachse 63 des Polygons erstreckende Ebene überstreicht. Wie bereits beschrieben wurde, umfaßt dieser einzelne Lichtstrahl 42 (in bezug auf das f- $\theta$ -Objektiv auch als Eingangslichtstrahl bezeichnet) drei kohärente koaxiale Laserstrahlen mit Wellenlängen von 458 nm, 532 nm bzw. 685 nm, wobei die Strahlmerkmale durch den faseroptischen Multiplexer 40, die Fokussierlinse 50 und die Strahlformspiegel 64 und 66 bestimmt werden. Das in Fig. 4 dargestellte f- $\theta$ -Objektiv 70 ist so korrigiert, daß etwa verbleibende Farbfehler (nach linearer elektronischer Korrektur) unbedeutend sind. Eine detaillierte Beschreibung des f- $\theta$ -Objektivs 70 ist im Abschnitt "f- $\theta$ -Objektiv" dieser Beschreibung enthalten.

Nach dem Durchgang durch das f- $\theta$ -Objektiv 70 wird der abgelenkte Lichtstrahl 42 von einem konjugierenden zylindrischen Spiegel 80 reflektiert, bevor er auf das lichtempfindliche Medium 100 auftrifft. (Siehe Fig. 8a, 8c, 8d). Der zylindrische Spiegel 80 weist eine optische Wirkung nur in der X-Z-Ebene (Seitenrichtung) auf (Fig. 8e). Der zylindrische Spiegel 80 korrigiert eventuelle Pyramidenfehler der Polygonfacette. Dieser Vorgang wird im einzelnen noch im Abschnitt "Strahlformung und Pyramidenkorrektur" der Beschreibung besprochen. Zwischen dem f- $\theta$ -Objektiv 70 und dem zylindrischen Spiegel 80 oder zwischen dem zylindrischen Spiegel 80 und einer Bildoberfläche 99 kann ein Plan-Klappspiegel 84 angeordnet werden, um die Bildoberfläche 99 an einem zweckmäßigen Ort zu positionieren, an dem sie (zumindest in Zeilenabtastrichtung) mit dem lichtempfindlichen Medium 100 zusammenfällt. Ein Klappspiegel dieser Art hat keine Auswirkung auf die Leistung dieses Printers. Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Bildoberfläche 99 eben.

Wie bereits erwähnt, erzeugt der faseroptische Multiplexer 40 am Ausgang der Faser 40d eine Strahlverengung jeweils

unterschiedlicher Größe für die drei Farben. Da das f- $\theta$ -Objektiv **70** auf den Lichtstrahl **42** einwirkt, nachdem er eine gemeinsame apochromatische Fokussierlinse und eine gemeinsame apochromatische Formoptik **52** passiert hat, weisen die drei Punkte auf der Bildoberfläche **99** für die drei Wellenlängen jeweils unterschiedliche Größen auf. Die Punkte auf der Bildoberfläche **99** weisen dieselben relativen Größen auf wie die drei Verengungen am Ausgangsende der die Lichtstrahlen zusammenfassenden Faser **40d** (des faseroptischen Multiplexers **40**). Die unterschiedlichen Punktgrößen zwischen den Wellenlängen haben keine wesentliche Auswirkung auf die wahrgenommene Bildqualität.

In der praktischen Ausführungsform weisen die Radien der vom Printer **10** auf der Bildoberfläche **99** erzeugten Punkte bei Intensität  $e^{-2}$  die folgende Größe auf: 0,035 mm bei  $\lambda=532$  nm, 0,032 mm bei  $\lambda=457.9$  nm und 0,044 mm bei  $\lambda=685$  nm. Wie bereits erwähnt, fällt die Bildoberfläche **99** des f- $\theta$ -Objektivs **70** mit dem Ort des lichtempfindlichen Mediums **100** zusammen. Bei dieser Ausführungsform besteht das lichtempfindliche Medium **100** aus einem herkömmlichen fotografischen Papier. Das Papier liegt auf einer Auflagefläche **100'** auf, die das Papier in einer vorbestimmten Richtung bewegt. Das Aufzeichnen von Punkten dieser Größe auf dem lichtempfindlichen Medium **100** entlang einer Abtastzeile von 12 Zoll Länge ergibt bei Betrachtung des Druckergebnisses im normalen Betrachtungsabstand eine ausreichende Auflösung. Diese Punkte (rot, blau, grün) repräsentieren die vom Lichtstrahl momentan erzeugten Bilder. Sie werden der Reihe nach erzeugt, und ihr jeweiliger Ort ändert sich mit der Drehung des Polygons. Auf jedes Pixel einer Seite entfallen bis zu drei Punkte, jeweils einer pro Farbe.

### Strahlformung

Im vorhergehenden Abschnitt wurde bereits besprochen, daß die zylindrischen Spiegel **54** und **56** der Strahlformoptik **62** den alle drei Farben enthaltenden einzelnen Lichtstrahl **42** auf die Polygonfacette **61** richten und bewirken, daß der einzelne Lichtstrahl **42** sowohl in Zeilenrichtung als auch in Seitenrichtung (wie in Fig. 6 und 7 dargestellt) konvergiert. Unter "Strahlformoptik" ist hier eine Strahlformoptik zu verstehen, die einen Lichtstrahl in Zeilenrichtung und in Seitenrichtung unterschiedlich formt. Bei dieser Ausführungsform des Printers **10** konvergiert der einzelne Lichtstrahl **42** in X-Z- oder Seitenrichtung auf einen Punkt nahe der Facette **61** (siehe Fig. 5) und in Y-Z- oder Zeilenrichtung (siehe Fig. 7) auf einen Punkt etwa einen Meter hinter dem vordersten Scheitelpunkt  $V_1$  der f- $\theta$ -Optik **70**. Die Strahlformoptik **52** bewirkt somit eine Anpassung der Punktgröße und Konvergenz des einzelnen Lichtstrahls **42** um unterschiedliche Größen in Seiten- und Zeilenrichtung. In Seitenrichtung konvergiert der Strahl sehr viel schneller (siehe Fig. 6) als in Zeilenrichtung (siehe Fig. 7), wobei es sich gezeigt hat, daß diese Anordnung eine bessere Korrektur des f- $\theta$ -Objektivs **70** und der übrigen nach dem Polygon angeordneten optischen Elemente ermöglicht.

Bei einer Ausführungsform erzeugen die Fokussierlinse **60** und die Strahlformoptik **52** einen geformten Lichtstrahl, der derart konvergiert, daß 1.) eine Verengung  $W_1$  in Seitenrichtung für die Farbe Grün in einer 22,904 mm vor dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs **70** (d. h. zwischen der Polygonfacette **61** und dem f- $\theta$ -Objektiv) gelegenen Ebene und 2.) eine Verengung  $W_2$  in Zeilenrichtung für die Farbe Grün 996,7 mm hinter dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs **70** (d. h. zwischen dem f- $\theta$ -Objektiv **70** und der Bildoberfläche **99**) entsteht. Die Größe dieser Verengungen kann durch die Strahlformoptik entsprechend der auf der Bildoberfläche gewünschten Punktgröße angepaßt werden. Z.B. kann der Radius bei Intensität  $e^{-2}$  für die grüne Strahlverengung in Zeilenrichtung 0,114 mm und der Radius bei Intensität  $e^{-2}$  für die grüne Strahlverengung in Zeilenrichtung 0,0396 mm betragen.

Desgleichen erzeugen die Fokussierlinse **50** und die Strahlformoptik **52** einen geformten Lichtstrahl **42**, der derart konvergiert, daß 1.) eine Verengung  $W_1$  in Seitenrichtung für die Farbe Blau in einer 22,893 mm vor dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs gelegenen Ebene und 2.) eine Verengung  $W_2$  in Zeilenrichtung für die Farbe Blau 995,8 mm hinter dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs entsteht. Z.B. kann der Radius bei Intensität  $e^{-2}$  für die grüne Strahlverengung in Zeilenrichtung 0,104 mm und der Radius bei Intensität  $e^{-2}$  für die grüne Strahlverengung in Zeilenrichtung 0,036 mm betragen.

Desgleichen erzeugen die Fokussierlinse **50** und die Strahlformoptik **62** einen geformten Lichtstrahl, der derart konvergiert, daß 1.) eine Verengung  $W_1$  in Seitenrichtung für die Farbe Rot in einer 22,790 mm vor dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs gelegenen Ebene und 2.) eine Verengung  $W_2$  in Zeilenrichtung für die Farbe Rot 995,9 mm hinter dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs entsteht. Z.B. kann der Radius bei Intensität  $e^{-2}$  für die rote Strahlverengung in Zeilenrichtung 0,144 mm und der Radius bei Intensität  $e^{-2}$  für die rote Strahlverengung in Zeilenrichtung 0,0496 mm betragen.

### Polygon

Das f- $\theta$ -Objektiv **70** gemäß der bevorzugten Ausführungsform kann in Verbindung mit den unterschiedlichsten Drehpolygonen eingesetzt werden. Dies macht es besonders geeignet für die Verwendung in einem vor dem Objektiv angeordneten Scanner für zwei Formate, wie er z. B. in der US-Patentanmeldung Nr. 081771.367 beschrieben ist, die durch Verweis in diese Beschreibung aufgenommen wird. Besonders geeignet ist das Objektiv für den Einsatz in Verbindung mit Polygonen mit 10 Facetten mit einem inneren Radius zwischen 32,85 mm und 40,709 mm. Diese Polygone drehen sich um  $\pm 13,5^\circ$  und erzeugen dadurch auf der Bildoberfläche **99** eine Abtastzeile von 30,48 cm (12 Zoll) Länge.

Auch in Verbindung mit Polygonen mit 24 Facetten mit einem inneren Radius zwischen 38,66 mm und 44 mm arbeitet das f- $\theta$ -Objektiv **70** gut zusammen. Derartige Polygone drehen sich um  $\pm 5,625^\circ$  und erzeugen dadurch auf der Bildoberfläche **99** Abtastzeilen von 12,7 cm (5 Zoll) Länge.

### F- $\theta$ -Objektiv

Das Objektiv **70** ist, wie in Fig. 8a-8d dargestellt, im optischen Pfad des Printers **10** angeordnet.

Aus Fig. 4 ist ersichtlich, daß die optische Achse (O.A.) des f- $\theta$ -Objektivs **70** sich in einer hier als Z-Richtung bezeichneten Richtung erstreckt. Bei Drehung des Polygons (Abtasten einer Zeile) überstreicht der Lichtstrahl **42** den Meridian

Y-Z. (siehe Fig. 9a-9c). Die Abtastrichtung quer zur Zeilenrichtung (auch als Seitenrichtung bezeichnet) liegt in X-Richtung.

Das hierin beschriebene f- $\theta$ -Objektiv 70 eignet sich besonders für den Einsatz im Laser-Printer 10. Wegen der im f- $\theta$ -Objektiv 70 vorhandenen seitlichen Farbversatz erzeugt der Printer 10 auf der Bildeoberfläche 99 gleichzeitig drei räumlich getrennte Abtastpunkte. Jeder dieser Punkte enthält Energie in einer der drei Laser-Wellenlängen. Ausgeglichen wird diese Trennung in einer im Abschnitt "Seitliche Farbkorrektur" dieser Beschreibung näher erläuterten Weise. Zusammenfassend kann gesagt werden, daß die Punkte auf einem lichtempfindlichen Medium korrekt überlagert werden, wenn die Datenraten, mit denen die drei Lichtstrahlen moduliert werden, zum Ausgleich der seitlichen Farbe des f- $\theta$ -Objektivs 70 linear korrigiert werden.

Im Idealfall wird die seitliche Farbabweichung vollständig und ohne restlichen Fehler dadurch korrigiert, daß für die Übertragung der Daten zwischen dem digitalen Bildspeicher und der Laser-Modulatorsteuerschaltung drei unterschiedliche Datenraten verwendet werden. Die Punkte sollten sich im Idealfall entlang einer Geraden und mit einheitlichen Geschwindigkeiten bewegen (da sich auch das Polygon mit gleichbleibender Winkelgeschwindigkeit dreht) und sollten sich in Größe und Form auf ihrem Weg entlang der Linie nicht wesentlich verändern. Gegebenenfalls können Schwankungen in den Punkt-Geschwindigkeiten durch entsprechende Anpassung der Datenrate bei der Bewegung der Punkte quer zur Abtastzeile ausgeglichen werden. Die Punkte sollen eine etwa kreisrunde Form mit etwa Gauß'scher Energieverteilung aufweisen. Der Punktdurchmesser bei Intensität  $e^{-2}$  sollte etwa 60 bis 105  $\mu\text{m}$  (bei grünem Licht) betragen, um auf dem lichtempfindlichen Medium eine ausreichende Auflösung zu erreichen; diese geringere Größe ist nötig, um das Überdrucken eines Bildes mit feinem Text zu ermöglichen. Vorzugsweise sollte der Punktdurchmesser 64 bis 88  $\mu\text{m}$  betragen.

Des weiteren ist an ein f- $\theta$ -Objektiv 70 gemäß der bevorzugten Ausführungsform die Anforderung zu stellen, daß es einfach und zu angemessenen Kosten herstellbar sein muß. Dies setzt sphärische Linsenoberflächen und ein relativ kostengünstiges Glas voraus.

Das f- $\theta$ -Objektiv 70 erfüllt alle diese Anforderungen. In Fig. 4 und 8a ist das erfindungsgemäß aufgebaute f- $\theta$ -Objektiv 70 dargestellt. Bei der beschriebenen Ausführungsform der Erfindung umfaßt das f- $\theta$ -Objektiv vier entlang einer optischen Achse angeordnete Linsen, nämlich: Eine erste negative Linse 72, eine zweite, positive Linse 74, eine dritte, negative Linse 76 und eine vierte, positive Linse 78.

Die Linsen genügen den folgenden Beziehungen:

$$\begin{aligned} -1,6 < f_1/f < -0,9; \\ 0,38 < f_2/f < 0,5; \\ -0,65 < f_3/f < -0,50; \\ 0,73 < f_4/f < 0,9, \end{aligned}$$

worin  $f_1$  die Brennweite der ersten Linse,  $f_2$  die Brennweite der zweiten Linse,  $f_3$  die Brennweite der dritten Linse,  $f_4$  die Brennweite der vierten Linse und  $f$  die Brennweite des f- $\theta$ -Objektivs 70 ist. Bei der Linse 72 handelt es sich um eine negative, zur Polygonseite hin konkave Meniskus-Linse. Die Linse 74 ist als positive, ebenfalls zum Polygon hin konkave Meniskus-Linse ausgebildet. Bei der Linse 76 handelt es sich um eine negative, zur Bildeoberfläche 99 hin konkave Meniskus-Linse. Die Linse 78 ist als positive, ebenfalls zur Bildeoberfläche 99 hin konkave Meniskus-Linse ausgebildet. Bei dem als Beispiel dargestellten f- $\theta$ -Objektiv 70 bestehen die Linsen aus Schott-Glas, wobei für die Linse 72 Glas vom Typ PK-51A, für die Linse 74 Glas vom Typ LAK-21, für die Linse 76 Glas vom Typ SFL-56 und für die Linse 78 Glas vom Typ F-2 verwendet wurde. Das f- $\theta$ -Objektiv 70 ist apochromatisch, d. h. sowohl bezüglich der primären als auch der sekundären axialen Farbabweichung bei einer Wellenlänge von 458 nm, 532 nm und 685 nm korrigiert.

Bei dieser Ausführungsform besteht die erste Linsen-Komponente 72 aus einer einzelnen Linse, die den folgenden Gleichungen genügt:

$$\begin{aligned} V_{d1} > 65; \text{ und} \\ P_{g,F,1} > 0,53, \end{aligned}$$

worin  $V_{d1}$  die V-Zahl des Materials der ersten Linsen-Komponente und  $P_{g,F,1}$  ihre relative Teilstreuung ist.

Die Einzelheiten der in der Optik 70 enthaltenen Elemente sind in TABELLE 1A zusammengefaßt.

In dieser Tabelle sind die Krümmungsradien ( $r1-r8$ ) und die Dicken der Linsenelemente in Millimetern angegeben.

TABELLE 1A

FLÄCHE	RADIUS	DICKE	INDEX	V-ZAHL
Eintrittspupille		24,00	Polygonfacette	
1	-33,0678	10,634	1,529	77,0
2	-44,642	0,925	Luft	
3	-341,050	7,654	1,641	60,01
4	-85,6131	0,836	Luft	
5	423,736	12,550	1,785	26,1
6	129,480	6,034	Luft	
7	139,081	19,689	1,620	36,4
8	403,727			

In den folgenden Tabellen 1B-1D sind die f- $\theta$ -Entsprechung und die beim f- $\theta$ -Objektiv erzielte relative Punktge-



# DE 198 17 591 A 1

schwindigkeit im grünen, roten und blauen Licht bei Verwendung in Verbindung mit einem Polygon mit 10 Facetten und einem inneren Radius von 32,85 mm dargestellt.

TABELLE 1B

F-Theta-Entsprechung und Daten der momentanen Punktgeschwindigkeit

$\lambda=532$

CFG-NR.	DREH- WINKEL	STRAHL- HÖHE IDEAL	STRAHL- HÖHE IST	STRAHL- HÖHE DELTA	FEHLER IN PRO- ZENT	REL. GESCH.	REL. GESCH. -LOG10
1	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,0000	0,0000
2	4,500	-51,265	-50,089	1,175	-2,293	1,0104	-0,0045
3	9,000	-102,530	-101,282	1,248	-1,217	1,0440	-0,0187
4	13,500	-153,794	-154,644	-0,850	0,553	1,0948	-0,0393
5	-4,500	51,265	50,149	-1,116	-2176	1,0129	-0,0056
6	-9,000	102,530	101,526	-1,004	-0,979	1,0492	-0,0208
7	-13,500	153,794	155,209	1,415	0,920	1,1023	-0,0423

TABELLE 1C

$\lambda=457,9$

CFG-NR.	DREH- WINKEL	STRAHL- HÖHE IDEAL	STRAHL- HÖHE IST	STRAHL- HÖHE DELTA	FEHLER IN PRO- ZENT	REL. GESCH.	REL. GESCH. -LOG10
1	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,0000	0,0000
2	4,500	-51,237	-50,059	1,179	-2,300	1,0105	-0,0045
3	9,000	-102,474	-101,224	1,251	-1,221	1,0441	-0,0188
4	13,500	-153,712	-154,561	-0,849	0,552	1,0949	-0,0394
5	-4,500	51,237	50,119	-1,118	-2,183	1,0130	-0,0056
6	-9,000	102,474	101,470	-1,005	-0,981	1,0494	-0,0209
7	-13,500	153,712	155,132	1,420	-0,924	1,1025	-0,0424

TABELLE 1D

$\lambda=685$

CFG-NR.	DREH- WINKEL	STRAHL- HÖHE IDEAL	STRAHL- HÖHE IST	STRAHL- HÖHE DELTA	FEHLER IN PRO- ZENT	REL. GESCH.	REL. GESCH. -LOG10
1	0,000	0,000	0,0000	0,000	0,000	1,0000	0,0000
2	4,500	-51,321	-50,145	1,177	-2,293	1,0104	-0,0394
3	9,000	-102,643	-101,393	1,250	-1,218	1,0440	-0,0187
4	13,500	-153,964	-154,816	-0,851	0,553	1,0950	-0,0045
5	-4,500	51,321	50,205	-1,117	-2,176	1,0129	-0,0056
6	-9,000	102,643	101,637	-1,005	-0,980	1,0491	-0,0208
7	-13,500	153,964	155,381	1,417	0,920	1,1025	-0,0424

Soweit nötig, kann die Abweichung in den Punktgeschwindigkeiten dadurch ausgeglichen werden, daß man die Rate anpaßt, mit der die im digitalen Bildspeicher enthaltenen Daten (der Abschnitt "Seitenfarbkorrektur" enthält eine nähere Beschreibung) der die Lasermotoren steuernden Schaltung zugeführt werden. Der Betrag der Anpassung ist in diesem Fall für alle Modulatoren gleich.

In der folgenden Tabelle 2 ist dargestellt, wie die Punkte sich mit der Drehung des Polygons vergrößern und der Punkt sich über die Abtastzeile hinweg bewegt. Diese Daten verstehen sich für ein Polygon mit 10 Facetten und einem inneren Radius von 32,85 mm. Eine Polygondrehung von  $\pm 13,5$  Grad entspricht einer Abtastposition von etwa  $\pm 15,24$  cm ( $\pm 6$

Zoll) auf der Bildoberfläche 99.

TABELLE 2

- 5 Punktgrößen bei  $1/e^2$  (mm) auf der Bildoberfläche, berechnet nach dem astigmatischen Gauß'schen Strahlenverlauf mit den folgenden Verengungsradien bei  $1/e^2$  in einer Objektebene:

$\lambda=532$ ;  $\omega=0,00189$ ;  $\lambda=457,9$ ;  $\omega=0,00172$ ;  $\lambda=685$ ;  $\omega=0,00237$ .

- 10 Die Auswirkungen des Strahlabbruchs bleiben bei dieser Berechnung unberücksichtigt.

POLY- GON- DREHUNG							
	13,500°	9,000°	4,500°	0,000°	-4,500°	-9,000°	-13,500°
15 $\lambda=532 \omega y$	0,0390	0,0371	0,0359	0,0355	0,0359	0,0371	0,0390
$\omega x$	0,0359	0,0355	0,0353	0,0352	0,0353	0,0356	0,0358
$\lambda=457 \omega y$	0,0360	0,0340	0,0328	0,0325	0,0328	0,0340	0,0357
20 $\omega x$	0,0329	0,0324	0,0322	0,0322	0,0323	0,0325	0,0328
$\lambda=685 \omega y$	0,0490	0,0467	0,0452	0,0450	0,0452	0,0467	0,0489
$\omega x$	0,0447	0,0443	0,0441	0,0441	0,0442	0,0444	0,0446

- 25 worin  $\omega y$  der Punktradius in Zeilenrichtung bei  $1/e^2$  und  $\omega x$  der Punktradius in Seitenrichtung bei  $1/e^2$  ist.

## Pyramidenfehler-Korrektur

- 30 Bei Abtastsystemen, die mit Drehpolygon-Ablenkelementen arbeiten, gibt es einen als Streifenbildung bekannten Bildfehler, der sich am deutlichsten in Bildbereichen ohne szenische Details, z. B. einer freien Wand oder einem wolkenlosen Himmel, bemerkbar macht. In diesen Bereichen erscheinen dann helle und dunkle Streifen, die nicht Bestandteil des gewünschten Bildes sind. Diese Streifen werden erzeugt durch wiederholte ungleiche Abstände zwischen den Abtastzeilen. Die Ursache der Streifenbildung ist eine oder sind mehrere Facetten des Polygons, die gegenüber ihrer normalen Position leicht gekippt sind. Jedesmal, wenn eine nicht korrekt stehende Facette in Aktion tritt, bewirkt sie, daß der Lichtstrahl sich, wenn auch nur ganz geringfügig, aus der theoretischen Lichtstrahlebene herausbewegt – d. h. aus der Lichtstrahlebene, die ein sich drehender Lichtstrahl ohne einen Pyramidenfehler beschreiben würde. Nachdem dieser fehlgeleitete Lichtstrahl das f- $\theta$ -Objektiv passiert hat, trifft er in einer leicht versetzten Position auf der Bildoberfläche auf und erzeugt einen sogenannten Fehler "quer zur Abtastrichtung", da der Fehler in einer senkrecht zur Abtastzeile liegenden Richtung auftritt. Ein f- $\theta$ -Objektiv muß mit den anderen optischen Elementen des Printers so zusammenarbeiten, daß bei Verwendung eines "guten" Polygons, d. h. eines Polygons, bei dem Pyramidenwinkel-Fehler der Polygonfacetten den Wert von  $\pm 10$  Kreisbogen-Sekunden, bezogen auf die Drehachse des Polygons, nicht überschreiten, ein von Streifenbildung freies Bild erzeugt wird.

- Bei einer Ausführungsform der Erfindung wird der Pyramidenfehler dadurch korrigiert, daß die Polygonfacette 61 mit der Bildoberfläche 99 in der Seiten-Meridionalebene (X-Z-Ebene) in konjugierter Beziehung gehalten wird. (Unter konjugierten Punkten sind im Sinne dieser Beschreibung Punktepaare zu verstehen, bei denen alle von einem der Punkte ausgehenden Strahlen in dem anderen Punkt innerhalb der Zulässigkeitsgrenzen der Gauß'schen Optik abgebildet werden). Dies wird erreicht durch das Zusammenwirken des konjugierenden zylindrischen Spiegels 80 mit dem f- $\theta$ -Objektiv 70. Es besteht somit sowohl auf der Polygonfacette 61 als auch auf dem lichtempfindlichen Medium 100 ein Brennpunkt (eine Strahlverengung), wodurch die Polygonfacette und das lichtempfindliche Medium 100 konjugiert werden. Wenn daher die Polygonfacette 61 etwas in der X-Z-Ebene, d. h. um den "Objekt"-Punkt, geneigt ist, weicht der Weg, den die Strahlen durch den Printer 10 nehmen zwar ein wenig von dem in der Zeichnung dargestellten Weg ab, die Strahlen treffen sich aber alle im selben "Bild"-Punkt, und der Fehler quer zur Abtastrichtung ist gleich Null.

- Für die vorstehend beschriebene Konjugation ist es erforderlich, daß die Strahlformoptik bestimmte Bedingungen erfüllt. Eine Konjugation der Polygon-Facette 61 und der Bildoberfläche 99 in Seitenrichtung setzt voraus, daß in Seitenrichtung an (oder nahe bei) beiden Orten (d. h. auf oder nahe der Polygon-Facette 61 und auf oder nahe der Bildoberfläche 99) eine Strahlverengung (je Wellenlänge) vorliegt. Die Strahlformoptik 52 muß daher in Seitenrichtung eine Strahlverengung  $W_1$  auf oder nahe der Polygon-Facette 61 erzeugen. Dies wird bei der vorliegenden Konstruktion in der im Abschnitt "Strahlformung" beschriebenen und in Fig. 6 dargestellten Weise erreicht. Vorzugsweise liegt die Strahlverengung in Seitenrichtung weniger als  $1/100$  von der Polygon-Facette 61 entfernt (wobei f die Brennweite des f- $\theta$ -Objektivs ist).

- Für die Konvergenz (des einzelnen Lichtstrahls 42) in Zeilenrichtung gelten nicht dieselben Einschränkungen. Bei der vorliegenden Ausführungsform führt die Strahlformoptik 52 den einzelnen Lichtstrahl 42 in Zeilenrichtung so zusammen, daß sich hinter dem hinteren Brennpunkt des f- $\theta$ -Objektivs 70 eine Strahlverengung ergibt. Vorzugsweise liegt die Strahlverengung  $W_2$  in Zeilenrichtung in einem Abstand von mindestens  $1/3 f$  hinter dem ersten Scheitelpunkt  $V_1$  des f- $\theta$ -Objektivs 70 (s. Fig. 7). Beim Printer 10 ist der Abstand zwischen dem hinteren Brennpunkt des f- $\theta$ -Objektivs und dem Ort der Strahlverengung etwa gleich der Brennweite des f- $\theta$ -Objektivs 70.

Im einzelnen weist das f- $\theta$ -Objektiv 70 eine Brennweite von 426,4 mm auf, und die von der Strahlformoptik 52 er-

zeugte Strahlverengung in Zeilenrichtung liegt 488,9 mm hinter dem hinteren Brennpunkt. Es hat sich erwiesen, daß diese Anordnung eine sehr gute Korrektur des f- $\theta$ -Objektivs und anderer nach dem Polygon angeordneter optischer Elemente und dabei gleichzeitig eine kompakte Bauweise ermöglicht.

Der konjugierende zylindrische Spiegel **80** (s. Fig. 8e) ist zwischen dem f- $\theta$ -Objektiv **70** und dem lichtempfindlichen Medium **100** angeordnet. Wie bereits erwähnt, korrigiert er den Pyramidenfehler der Polygon-Facetten dadurch, daß er die Polygon-Facetten **61** in der X-Z-Ebene mit der Bildoberfläche **99** konjugiert. Der zylindrische Spiegel **80** weist (in Seitenrichtung) einen konkaven Radius von 190,500 mm auf und ist 153,053 mm hinter dem letzten Scheitelpunkt des f- $\theta$ -Objektivs angeordnet. Der zylindrische Spiegel **80** ist um 7° geneigt und lenkt den einzelnen Lichtstrahl **42** um 14° ab. Die Bildoberfläche **99** befindet sich 162,96 mm hinter dem zylindrischen Spiegel **80**, gemessen entlang dem abgelenkten Lichtstrahl. Wie bereits erwähnt, können innerhalb des Abtastsystems verschiedene Plan-Klappspiegel **84** vorgesehen werden, ohne die Leistung des Systems zu beeinträchtigen.

Fig. 9a, 9b, 9c zeigen die Position des Lichtstrahls **42** auf dem lichtempfindlichen Medium **100** (auf der Bildoberfläche **99**) bei Polygondrehungen um +13,6°, 0° bzw. -13,5°. Dies entspricht Abtastwinkeln von +27°, 0° bzw. -27°.

Tabelle 3 zeigt eine Zusammenstellung des berechneten Satzes der Hauptstrahlen (zentralen Strahlen) des Lichtbündels quer zur Abtastrichtung (bei Wellenlängen von 532 nm, 457 nm und 685 nm). Daraus ist zu erkennen, daß der Versatz in Richtung quer zur Abtastrichtung mit Sicherheit innerhalb akzeptabler Grenzen liegt.

Der in Tabelle 3 dargestellte Versatz quer zur Abtastrichtung entspricht einem Pyramidenfehler der Polygonfacette von 10 Kreisbogen-Sekunden. Der Versatz ist in Mikrometer angegeben.

TABELLE 3

## VERSATZ QUER ZUR ABTASTRICHTUNG

Polygon-Drehung	Feldwinkel	$\lambda=532$ nm	$\lambda=457$ nm	$\lambda=685$ nm
4,5°	9,0°	-0,0204568	-0,0103607	-0,0299763
9,0°	18,0°	-0,0210595	-0,0113009	-0,0301466
13,5°	27,0°	-0,0327880	-0,0235740	-0,0411589
-4,5°	-9,0°	-0,0189723	-0,0079102	-0,0294039
-9,0°	-18,0°	-0,0209200	-0,0091726	-0,0318579
-13,5°	-27,0°	-0,0465809	-0,0344084	-0,0576246
keine	0,0°	-0,0202603	-0,0097542	-0,0302057

## Axiale Farbabweichung

Bei Linsensystemen gibt es zwei Arten von Farbabweichungen: Axiale und seitliche Farbabweichungen. Bei der axialen Farbabweichung liegt der Brennpunkt von Licht unterschiedlicher Wellenlängen in unterschiedlichen Abständen zur hinteren Oberfläche des Linsensystems. Da das Phänomen der axialen Farbabweichung mit dem Brennpunkt zusammenhängt, wird es nicht nur durch Abweichungen im Linsensystem selbst, sondern auch durch die Vergenz des in das Linsensystem einfallenden Lichtstrahls verursacht.

Ein faseroptischer Multiplexer, der die drei Lichtstrahlen in einem Dreifarben-Laserprinter zusammenfaßt, ist in US-A-5.666.447 beschrieben. Nach dem Zusammenfassen der Strahlen durch den faseroptischen Multiplexer passiert der einzelne Lichtstrahl **42** ein gemeinsames optisches System, bestehend aus einer Fokussieroptik, einer Strahlformoptik, einem Polygon, einem f- $\theta$ -Objektiv, einem konjugierenden zylindrischen Spiegel und wahlweise möglichen Plan-Klappspiegeln, bevor er die Bildoberfläche erreicht.

Bei dem Printer **10** können die grünen, blauen und roten Lichtstrahlen in ihrer Vergenz in Zeilenrichtung nicht unabhängig voneinander eingestellt werden, weil für die drei (zusammengefaßten) Lichtstrahlen nur eine gemeinsame Strahlformoptik vorgesehen ist. Dies erschwert die Korrektur der axialen Farbabweichung im optischen System. Beim Printer **10** muß die axiale Farbabweichung korrigiert werden, wenn die drei Lichtstrahlen im wesentlichen die gleiche Vergenz aufweisen. Dies ist im f- $\theta$ -Objektiv **70** geschehen, wie die OPD-Kurven der Fig. 10 zeigen, die die Leistung des f- $\theta$ -Objektivs im Zentrum der Zeilenabtastung wiedergeben. Die Bauart des f- $\theta$ -Objektivs **70** ist im Abschnitt "f- $\theta$ -Objektiv" der Anmeldung beschrieben.

Die axiale Farbabweichung des optischen Systems in Seitenrichtung muß zwischen der Polygonfacette und der Bildoberfläche korrigiert werden, um eine durch Pyramidenfehler bedingte Farbstreifenbildung zu vermeiden. Sonst würde der Pyramidenfehler nur für eine Farbe korrigiert. Beim Printer **10** wird die axiale Farbabweichung in beiden Meridianen korrigiert; alle Elemente sind sphärisch ausgebildet, eine kostspielige verkittete zylindrische Doppellinse ist nicht nötig, und der Pyramidenfehler wird mit dem konjugierenden zylindrischen Spiegel **80** korrigiert.

## Seitliche Farbkorrektur

Wie bereits erwähnt, bleibt die seitliche Farbabweichung des f- $\theta$ -Objektivs **70** unkorrigiert. Bei der seitlichen Farbabweichung handelt es sich um die Abweichung fokussierter Punkte unterschiedlicher Wellenlängen oder Farben in Richtung der Bildhöhe, bezogen auf eine bestimmte Bildoberfläche (s. Fig. 1b).

Zum Beispiel bemißt man bei normalen, für den Einsatz in der Farbfotografie bestimmten fotografischen Objektiven die seitliche Farbabweichung normalerweise als  $Y'$  (bei  $\lambda_1 = 486,1$  nm) -  $Y'$  (bei  $\lambda_2 = 656,3$  nm); es ist dies die Differenz

in der Bildhöhe, bezogen auf die Gauß'sche Brennebene bei  $\lambda = 546,1 \text{ nm}$ , zwischen der blauen Punktabbildung und der roten Punktabbildung. Anders als die axiale Farbabweichung tritt die seitliche Farbabweichung nur von der optischen Achse entfernt, außerhalb des Sichtfeldes des Objektivs, auf. Normalerweise ist der Wert der seitlichen Farbabweichung umso größer, je größer die Entfernung zum axialen Bildpunkt ist. Somit tritt die stärkste seitliche Farbabweichung oftmals nahe des Randes des Sichtfeldes des Objektivs auf. Beim Printer 10 macht sich die seitliche Farbabweichung als getrennte rote, blaue und grüne Punkte entlang der Abtastzeile auf dem lichtempfindlichen Medium bemerkbar (Fig. 1b).

Im Printer 10 wird die seitliche Farbabweichung durch Modulation der drei Lichtstrahlen mit drei unterschiedlichen Datenraten korrigiert. Um dies verstehen zu können, soll das folgende hypothetische Beispiel betrachtet werden: Es sei angenommen, daß ein f- $\theta$ -Objektiv eine seitliche Farbabweichung derart aufweist, daß bei einer gegebenen Polygondrehung der grüne Lichtstrahl in einer Höhe von 100 Pixeln auf die Bildeoberfläche trifft, während der rote Lichtstrahl in einer Höhe von 101 Pixeln und der blaue Lichtstrahl in einer Höhe von 99 Pixeln auf die Bildeoberfläche auftreffen würde (s. Fig. 11). Wenn zum Beispiel der Printer mit 512 Punkten pro Zoll arbeitet, wären die blauen und grünen Punkte voneinander um den Abstand  $d_1 = 1/512 \text{ Zoll}$ , die roten und grünen Punkte um einen Abstand  $d_2 = 1/512 \text{ Zoll}$  getrennt. Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird die Rate, mit der die Daten von einem digitalen Bildspeicher an die die Laser-Modulatoren steuernde Schaltung übertragen werden, mittels dreier in Fig. 1a dargestellter Daten-Taktgeber  $C_1$ - $C_3$  bestimmt. Dabei steuert ein Taktgeber die Datenrate für den grünen Kanal, ein zweiter Taktgeber die Datenrate für den blauen Kanal und ein dritter Taktgeber die Datenrate für den roten Kanal. Wenn die drei Taktgeber mit derselben Geschwindigkeit arbeiten, entsprechen die drei Laser-Intensitäten in jedem Moment jeweils den erforderlichen Grün-, Blau- und Rotintensitäten für das betreffende Pixel. Wegen der aufgrund der seitlichen Farbabweichung des f- $\theta$ -Objektivs auf der Bildeoberfläche 99 eintretenden Punkttrennung ( $d_1$ ,  $d_2$ ) wird das auf dem lichtempfindlichen Medium 99 erzeugte Bild an einer Bildposition in einer Höhe von 100 Pixeln einen Farbsaum aufweisen, d. h. es wird ein Farbsaum von 2 Pixeln zwischen Rot und Blau, einem Pixel zwischen Grün und Rot und einem Pixel zwischen Grün und Blau entstehen.

Es sei nun angenommen, daß der Datentaktgeber für Blau mit einer Frequenz (Datenrate)  $f_B$  arbeitet, die 99% der Taktfrequenz  $F_G$  für Grün beträgt, und daß der Taktgeber für Rot mit einer Frequenz  $F_R$  arbeitet, die 101% der Taktfrequenz für Grün beträgt. Bei der gegebenen Polygondrehung trifft der grüne Lichtstrahl in diesem Fall an einer Position von 100 Pixeln Höhe auf die Bildeoberfläche auf, und durch die entsprechende Modulation des Lichtstrahls wird das 100. Pixel belichtet. Bei dieser selben Polygondrehung trifft der rote Lichtstrahl immer noch an einem Punkt in einer Höhe von 101 Pixeln auf die Bildeoberfläche auf. Da aber der Taktgeber für Rot mit einer Frequenz von 101% der Frequenz des Taktgebers für Grün arbeitet, wird der rote Lichtstrahl jetzt so datenmoduliert, daß die Belichtung korrekt für das 101. Pixel erfolgt. Desgleichen bleibt der blaue Lichtstrahl in einer Höhe von 99 Pixeln, aber das blaue Laserlicht wird so datenmoduliert, daß die korrekte Belichtung für das 99. Pixel erfolgt. Dies bedeutet, daß der Laserprinter 6 in jedem gegebenen Augenblick (oder bei jeder gegebenen Polygondrehstellung) drei Farbpunkte erzeugen kann, wobei die in jedem der drei farbigen Strahlen enthaltene Bildinformation jedoch unterschiedlich ist – d. h. unterschiedlichen Pixeln entspricht. Daher wird zum Zeitpunkt  $T_1$  der rote Lichtstrahl R auf das Pixel 98 auftreffen, während zum Zeitpunkt  $T_1 + \Delta$  der grüne Lichtstrahl G auf das Pixel 98 und zum Zeitpunkt  $T_1 + 2\Delta$  der blaue Strahl B auf das Pixel auftreffen wird (Fig. 12). Auf diese Weise kann jedes Pixel, auch wenn der Drucker nicht gerade in der Mitte der Abtastzeile arbeitet, mit entsprechend dem Bild moduliertem rotem, grünem und blauem Licht belichtet werden, wenn auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten. Daher wird kein Farbsaum beim 100. Pixel auftreten. Beim Printer 10 sind daher die Datenraten  $f_B$ ,  $f_G$  und  $f_R$  nicht gleich. Vielmehr betragen die Datenraten  $f_B = k_1 \times f_G$ ,  $f_R = k_2 \times f_G$ , wobei  $k_1$  und  $k_2$  Konstanten sind, die zum Ausgleich des Phänomens der Punkttrennung im Verlauf der Zeilenabtastung gewählt werden.

Bei jedem Laserprinter gibt es ein Verfahren zum Erkennen einer speziellen Startposition für die einzelnen Zeilen auf einem lichtempfindlichen Medium. Bei dem Printer 10 erfolgt dies mittels eines "Zweifach"-Detektors und des (nicht modulierten) roten Lichtstrahls, mit dessen Hilfe ein anfänglicher Startimpuls erzeugt wird. Im einzelnen erfaßt der Zweifach-Detektor die Anwesenheit des Lichtstrahls und bestimmt nach dessen Position (bezüglich des Anfangs der Zeile) die jeweils für den Beginn der Modulation der drei Lichtstrahlen erforderlichen Zeitverzögerungen, so daß das entsprechende Pixel zu Beginn der Abtastzeile mit dem die richtige Dateninformation enthaltenden Lichtstrahl belichtet wird.

Ein mögliches Problem besteht jedoch weiterhin darin, daß dieselben Taktgeschwindigkeiten, die bei einer Bildhöhe von 100 Pixeln gute Ergebnisse zeigen, bei anderen Bildhöhen immer noch einen Farbsaumeffekt ergeben. Bei dem Printer 10 wurden diese restlichen seitlichen Farbabweichungen jedoch im f- $\theta$ -Objektiv 70 korrigiert, so daß der größte Fehler (der sich durch eine seitliche Farbabweichung ergeben kann) über die gesamte Abtastzeile hinweg weniger als 20% der Größe eines grünen Pixels ausmachen kann. Dies ist in den Tabellen 2 und 4 dargestellt. Tabelle 2 enthält die Punktgrößen über die Abtastzeile hinweg. Aus Tabelle 4 ist die restliche seitliche Farbabweichung für den Fall ersichtlich, daß die Lichtstrahlen mit den unten in der Tabelle angegebenen Raten moduliert werden. Beide Tabellen gelten für ein Polygon mit zehn Facetten mit einem inneren Radius von 32,86 nm. Ähnliche Ergebnisse werden auch mit anderen Polygongrößen mit 10 Facetten erzielt. Polygone mit 24 Facetten führen zu noch weit besseren Ergebnissen.

TABELLE 4

Unterschiede in der Position in Zeilenrichtung (in nm) für Rot, Grün und Blau, wobei die Taktgeber der Treiberelektronik für die roten, grünen und blauen Pixel im Verhältnis 1,0011 : 1,0000 : 0,99946 eingestellt wurden.

	( $\lambda=457$ )-( $\lambda=532$ )	( $\lambda=685$ )-( $\lambda=532$ )
DREH- WINKEL	Restfehler (Blau-Grün)	Restfehler (Rot-Grün)
4,500	0,003	0,001
9,000	0,003	0,003
13,500	0,001	-0,002
-4,500	-0,003	-0,002
-9,000	-0,001	-0,002
-13,500	0,006	0,002

Grün:  $\lambda = 532$  nm, Blau:  $\lambda = 457,9$  nm; Rot:  $\lambda = 685$  nm.

Ein Laserprinter der Art, der mit dem erfindungsgemäßen f- $\theta$ -Objektiv arbeiten kann, kann die folgenden Systemparameter aufweisen:

Wellenlängen: 532, 457,9 und 685 nm

Abtastlänge: 30,48 cm (12 Zoll)

Polygon-Arbeitszyklus: 0,75

Innerer Polygonradius: 32,85 bis 40,709

Anzahl der Polygonfacetten: 10

Gesamtabtastwinkel: 64 Grad ( $\pm 27$  Grad bezüglich der optischen Achse;  $\pm 13,6$  Grad Polygondrehung)

Einfallwinkel des Lichtstrahls auf die Polygonfacette: 60 Grad zur optischen Achse des f- $\theta$ -Objektivs (30 Grad Einfallwinkel auf die Polygonfacette)

Gewünschter Gauß'scher Strahlradius bei Intensität  $e^{-2}$ : 0,035 nm bei  $\lambda = 532$  nm.

Ein Laserprinter der Art, der mit dem erfindungsgemäßen f- $\theta$ -Objektiv arbeiten kann, kann auch die folgenden Systemparameter aufweisen:

Wellenlängen: 532, 457,9 und 685 nm

Abtastlänge: 12,7 cm (5 Zoll)

Polygon-Arbeitszyklus: 0,75

Innerer Polygonradius: 38,66 bis 44,00

Anzahl der Polygonfacetten: 24

Gesamtabtastwinkel: 22,5 Grad ( $\pm 11,25$  Grad bezüglich der optischen Achse;  $\pm 5,625$  Grad Polygondrehung)

Einfallwinkel des Lichtstrahls auf die Polygonfacette: 60 Grad zur optischen Achse des f- $\theta$ -Objektivs (30 Grad Einfallwinkel auf die Polygonfacette)

Gewünschter Gauß'scher Strahlradius bei Intensität  $e^{-2}$ : 0,051 nm bei 532 nm.

Wie bereits erwähnt, ist das f- $\theta$ -Objektiv **70** selbst nicht bezüglich der seitlichen Farbabweichung korrigiert. Für die Korrektur des Scanners bezüglich der seitlichen Farbabweichung müssen die die Laserstrahlen modulierenden Taktgeber für die Farben Grün, Blau und Rot im Verhältnis 1 : 000 : 0,99946 : 1,0011 arbeiten.

Im Abschnitt "Axiale Farbabweichung" dieser Beschreibung wurde bereits erwähnt, daß bezüglich der primären und sekundären axialen Farbabweichung das f- $\theta$ -Abtastobjektiv **70** selbst korrigiert ist. Dies ist bei diesem Scanner-Typ nötig, da ja die Strahlformoptik **52** allen drei Lichtstrahlen gemeinsam ist. In X-Z-Richtung konjugiert das f- $\theta$ -Abtastobjektiv die Polygonfacette mit der Bildeoberfläche (für alle drei Wellenlängen); hierfür ist der Einsatz eines nur in X-Z-Richtung wirksamen zylindrischen Hilfsspiegels erforderlich. Unter der Annahme, daß das "Objekt" sich auf der Polygonfacette befindet, ist die axiale Farbabweichung in X-Z-Richtung beim f- $\theta$ -Objektiv **70** gleich Null; auch beim zylindrischen Spiegel ist sie gleich Null, und somit ist die Konjugation bei allen drei Wellenlängen hergestellt.

Der erfindungsgemäße Printer bietet den Vorteil, daß er Farbdrucke auf normalem fotografischem Papier herstellen kann und kein Spezialpapier nach dem Stande der Technik benötigt.

Ein weiterer Vorteil dieses Printersystems besteht darin, daß es nur eine Strahlformoptik aufweist. Der erfindungsgemäße Printer ist daher billiger in der Herstellung als bekannte Farbprinter.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Printers ist darin zu sehen, daß bei ihm grüne, rote und blaue Lichtstrahlen mittels eines faseroptischen Multiplexers zu einem Lichtstrahl zusammengefaßt werden können. Dies führt zu einer beträchtlichen Kostensenkung und einer kompakten Konstruktion des Printers.

Die Erfindung wurde vorstehend im einzelnen unter besonderer Bezugnahme auf eine Ausführungsform beschrieben. Es versteht sich jedoch, daß Abweichungen und Modifikationen im Rahmen der Erfindung möglich sind. Zum Beispiel können auch andere Laserquellen verwendet werden, die rote, grüne und blaue Lichtstrahlen in anderen Wellenlängen als 458 nm, 532 nm oder 685 nm erzeugen. Andere Wellenlängen ziehen natürlich auch eine Veränderung der Verhältnisse zwischen den entsprechenden Daten nach sich.

Bezugszeichenliste

**10** Printer

**12, 14, 16** Lichtstrahl

- 22, 24, 26 3 Laserquellen
- 21, 34, 36 3 Modulatoren
- 40 Strahlkombinator
- 42 Einzelner Lichtstrahl
- 5 Fokussierlinse
- 52 Strahlformoptik
- 60 Lichtablenkelement (Polygon)
- 61 Polygonfacette
- 70 f- $\theta$ -Objektiv
- 10 72, 74, 76, 78 4 Linsen-Komponenten
- 80 Zylindrischer Spiegel
- 84 Planspiegel
- 90 Verarbeitungseinheit
- 92 Auslesenmittel
- 15 94 Steuerungsmittel
- 99 Bildoberfläche
- 100 Lichtempfindliches Medium
- 100' Auflage

20 Patentansprüche

1. Printer (10) mit
  - (i) mindestens zwei Lichtquellen (22, 24, 26), die jeweils einen Lichtstrahl unterschiedlicher Wellenlänge erzeugen,
  - 25 (ii) mindestens zwei Modulatoren (32, 34, 36), jeweils einem je Lichtstrahl, die jeweils die Lichtstrahlen mit Bilddaten modulieren und zusammen mindestens zwei modulierte Lichtstrahlen erzeugen,
  - (iii) einer Strahlen zusammenführenden Vorrichtung (40), die die modulierten Lichtstrahlen in einen einzelnen Lichtstrahl mit mindestens zwei coaxialen Komponenten unterschiedlicher Wellenlängen moduliert,
  - 30 (iv) einer einzelnen Strahlformoptik (52), die den einzelnen Lichtstrahl in einen geformten Lichtstrahl umformt,
  - (v) einem Lichtablenkelement (60), das den geformten Lichtstrahl derart ablenkt, daß ein abgelenkter Lichtstrahl entsteht, und
  - (vi) einem Objektiv (70) mit einer Blende f- $\theta$ , das (a) den abgelenkten Lichtstrahl empfängt und (b) den abgelenkten Lichtstrahl auf ein lichtempfindliches Medium (100) fokussiert.
- 35 2. Printer nach Anspruch 1 mit drei Lichtquellen (22, 24, 26), die drei Lichtstrahlen (12, 14, 16) unterschiedlicher Wellenlängen erzeugen, und mit drei Modulatoren (32, 34, 36) zum Modulieren der drei Lichtstrahlen, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlformoptik (52) in Kombination mit dem Strahlenkombinator (40) einen einzelnen Lichtstrahl mit drei coaxialen Komponenten erzeugt.
- 40 3. Printer (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Strahlenzusammenführer (40) ein faseroptischer Multiplexer und das Lichtablenkelement (60) ein Drehpolygon ist.
4. Printer (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der einzelne Lichtstrahl in Seitenrichtung eine stärkere Vergenz aufweist als in Zeilenrichtung und daß die Strahlformoptik (52) eine Strahlverengung in Seitenrichtung in der Nähe einer Polygonfacette und eine Strahlverengung in Zeilenrichtung zwischen dem f- $\theta$ -Objektiv (70) und der Bildoberfläche des f- $\theta$ -Objektivs (70) erzeugt.
- 45 5. Printer (10) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Lichtablenkelement (60) ein Polygon mit einer Vielzahl reflektierender Facetten ist, wobei mindestens eine der Facetten (61) der vordersten Fläche des f- $\theta$ -Objektivs (70) gegenübersteht, und daß die einzelne Strahlformoptik (62)
  - 50 (i) eine Strahlverengung  $W_1$  in Seitenrichtung in der Nähe einer zugeordneten Facette aus einer Vielzahl reflektierender Facetten und
  - (ii) eine Strahlverengung  $W_2$  in Zeilenrichtung in einem Abstand von mindestens  $1/3 f$  hinter dem ersten Scheitelpunkt des f- $\theta$ -Objektivs erzeugt, wobei  $f$  die Brennweite des f- $\theta$ -Objektivs ist.
6. Printer nach Anspruch 1 ferner mit
 

einer Auflage zum Haltern des zugeordneten lichtempfindlichen Mediums in einer planen Ebene und einem konjugierenden zylindrischen Spiegel (80), der

  - 55 (a) in Seitenrichtung einen konkaven Radius aufweist,
  - (b) zwischen dem f- $\theta$ -Objektiv (70) und dem zugeordneten lichtempfindlichen Medium (100) angeordnet ist,
  - (c) den vom f- $\theta$ -Objektiv (70) kommenden einzelnen Lichtstrahl empfängt und
  - (d) den einzelnen Lichtstrahl auf das zugeordnete lichtempfindliche Medium (100) lenkt.
- 60 7. Printer (10) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß
  - (a) das f- $\theta$ -Objektiv (70) eine seitliche Farbabweichung bewirkt und
  - (b) die Modulatoren (32, 34, 36) die Lichtstrahlen mit drei zueinander unterschiedlichen Datenraten modulieren und daß das Verhältnis der Datenraten zum Ausgleich der vom f- $\theta$ -Objektiv (70) erzeugten seitlichen Farbabweichung verwendet wird.
- 65 8. Printer nach Anspruch 2 ferner mit
  - (a) einem Bilddatenspeicher, der für jedes Pixel eines zu erzeugenden Bildes drei Werte enthält, von denen jeder eine erforderliche Lichtintensität in einer der drei Wellenlängen repräsentiert, wobei die Wellenlängen einer spektralen Empfindlichkeit des zugeordneten lichtempfindlichen Mediums entsprechen, so daß die Licht-

- strahlen beim Auftreffen auf das zugeordnete lichtempfindliche Medium Vollfarbenbilder erzeugen,  
 (b) einem Prozessor (90) zum Verarbeiten der Werte und Steuern der drei Modulatoren (32, 34, 36) derart, daß sie die Lichtstrahlen mit den Bilddaten modulieren, wobei  
 (c) das f- $\theta$ -Objektiv (70) eine Vielzahl von Linsen-Komponenten (72, 74, 76, 78) umfaßt, die im Zusammenwirken
- (i) den abgelenkten Lichtstrahl, der die drei Wellenlängen enthält und in Seitenrichtung und Zeilenrichtung unterschiedliche Vergenzen aufweist, empfangen,  
 (ii) den abgelenkten Lichtstrahl in drei Punkten unterschiedlicher Wellenlängen auf dem zugeordneten lichtempfindlichen Medium fokussieren und  
 (iii) die axiale Farbabweichung ausgleichen und damit das f- $\theta$ -Objektiv in bezug auf die axiale Farbe sowohl in Seiten- als auch in Zeilenrichtung zu einer achromatischen Linse machen.
9. Printer (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Prozessor (90) Mittel umfaßt, die  
 (a) für jede Position des Ablenkelements bestimmen, wo die Punkte auf dem zugeordneten lichtempfindlichen Medium erscheinen werden,  
 (b) Pixel aus dem Bilddatenspeicher auswählen, die diesen Punkten entsprechen und  
 (c) in Kombination mit den drei Modulatoren (32, 34, 36) die Lichtstrahlen modulieren.
10. Printer (10) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Modulatoren (32, 34, 36) jeweils die Intensität eines Lichtstrahls mit voneinander unterschiedlichen Datenraten modulieren, wobei die Datenraten-Verhältnisse die durch die seitliche Farbabweichung des f- $\theta$ -Objektivs (70) erzeugte Punkttrennung auf dem lichtempfindlichen Medium ausgleichen.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -



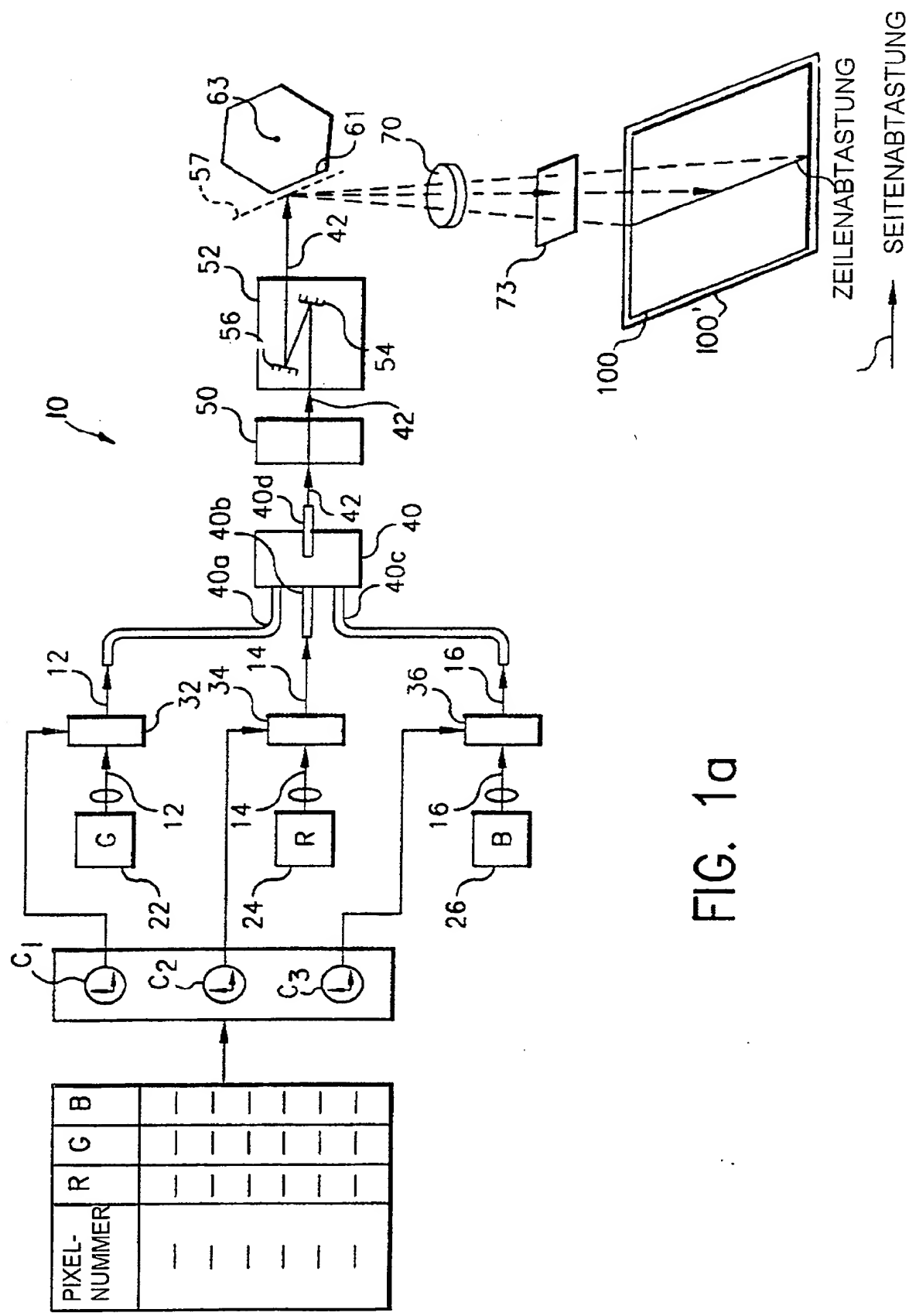


FIG. 1a

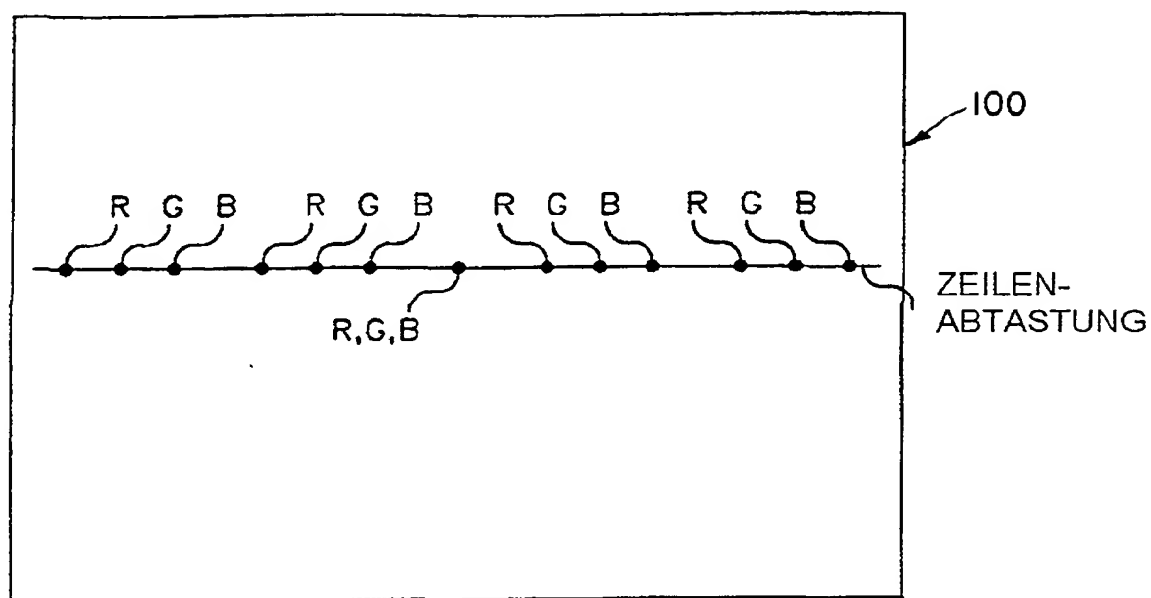


FIG. 1b

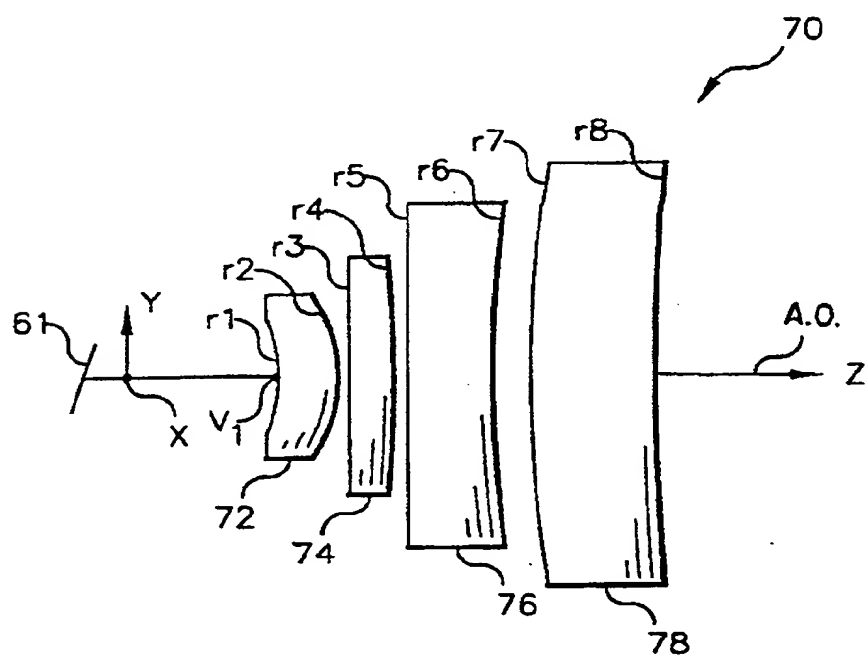


FIG. 4

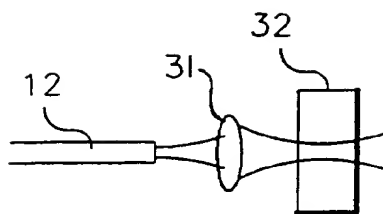


FIG. 2

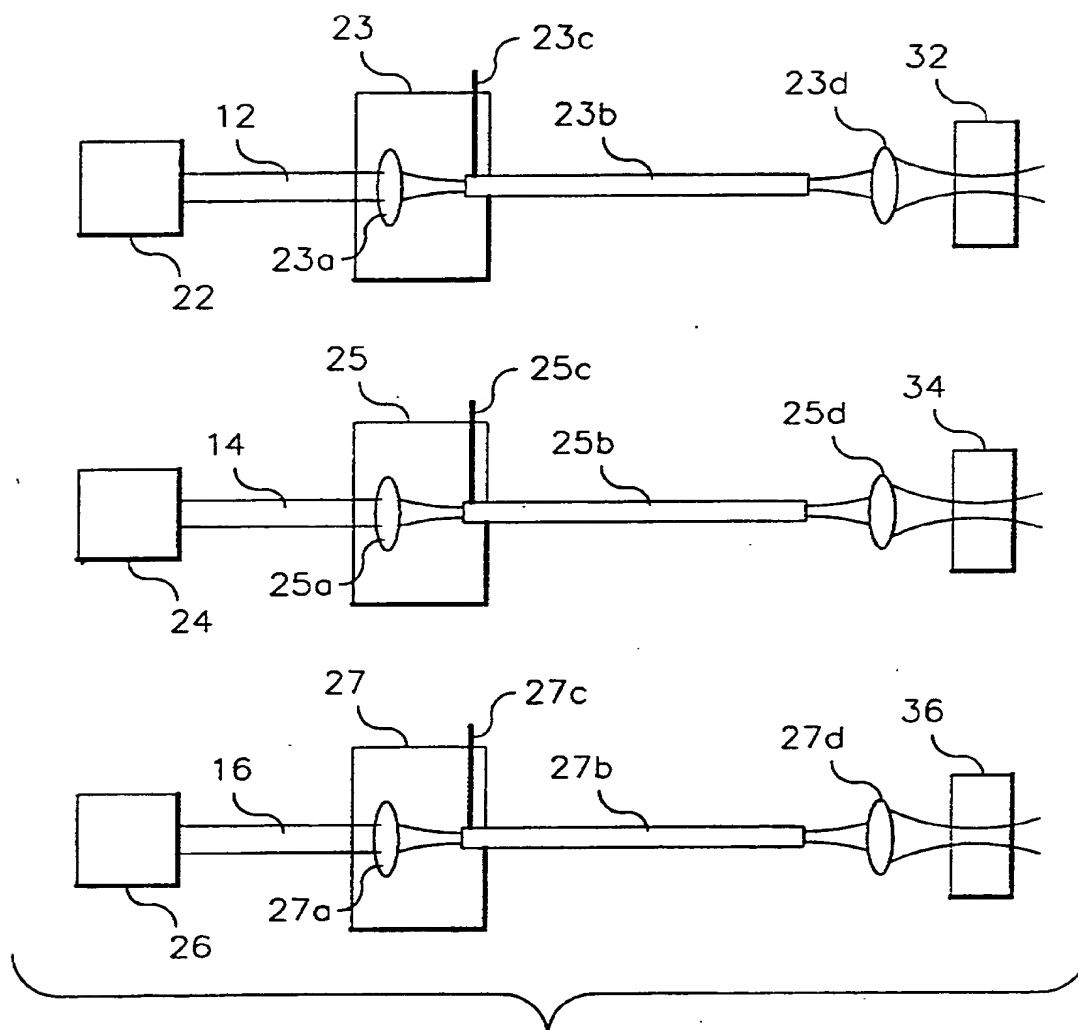


FIG. 3

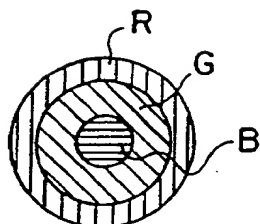


FIG. 5

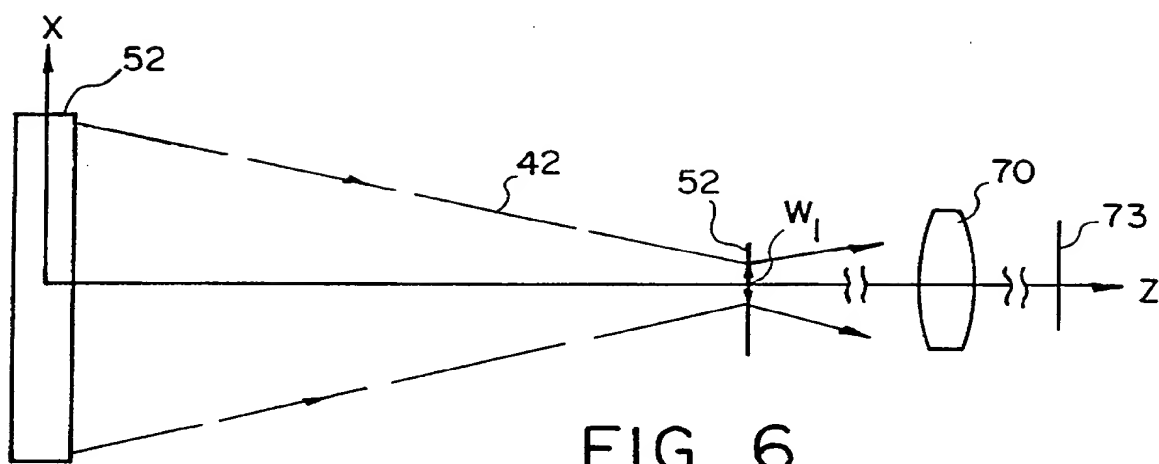


FIG. 6

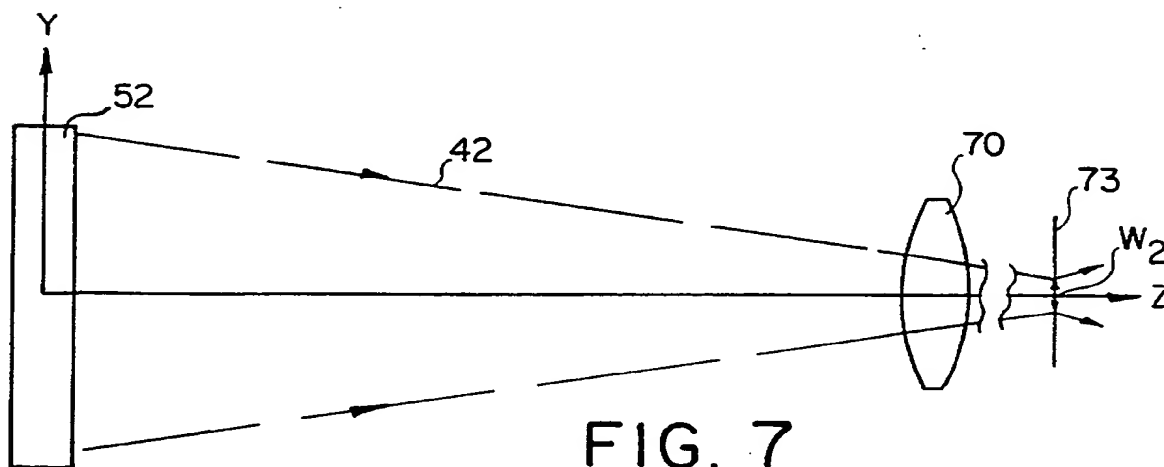


FIG. 7

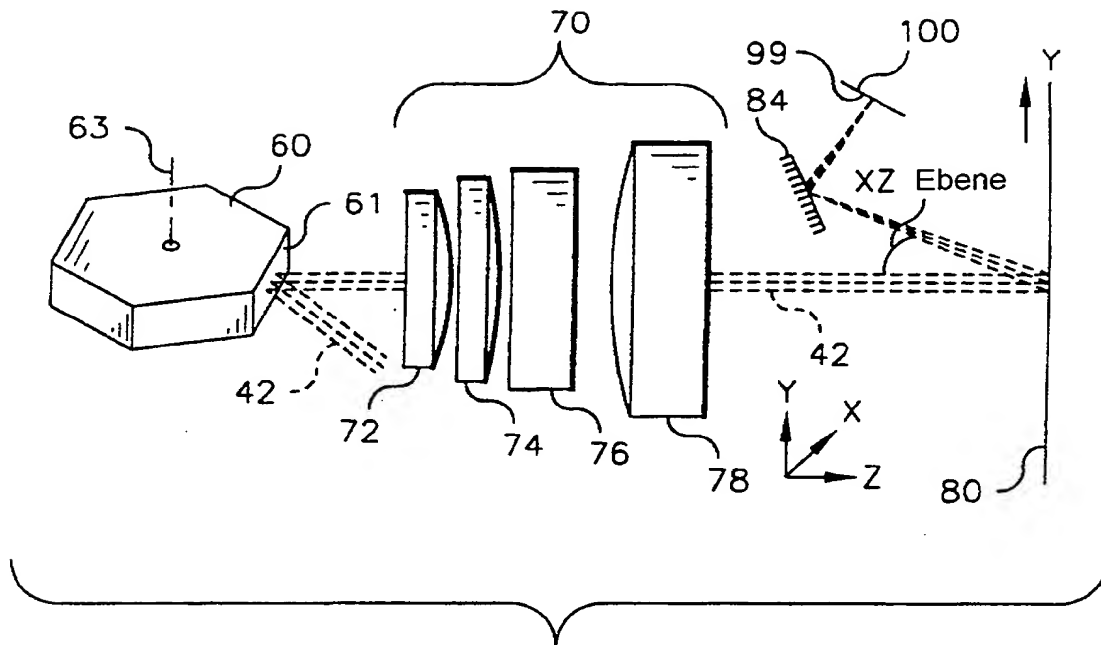


FIG. 8a

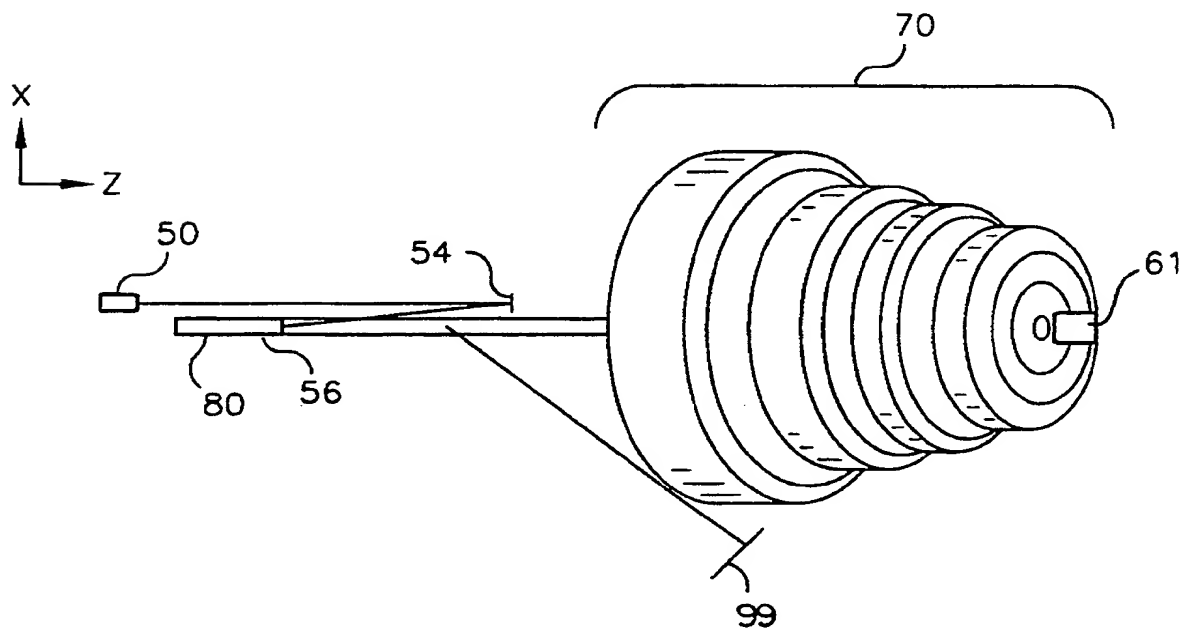


FIG. 8b

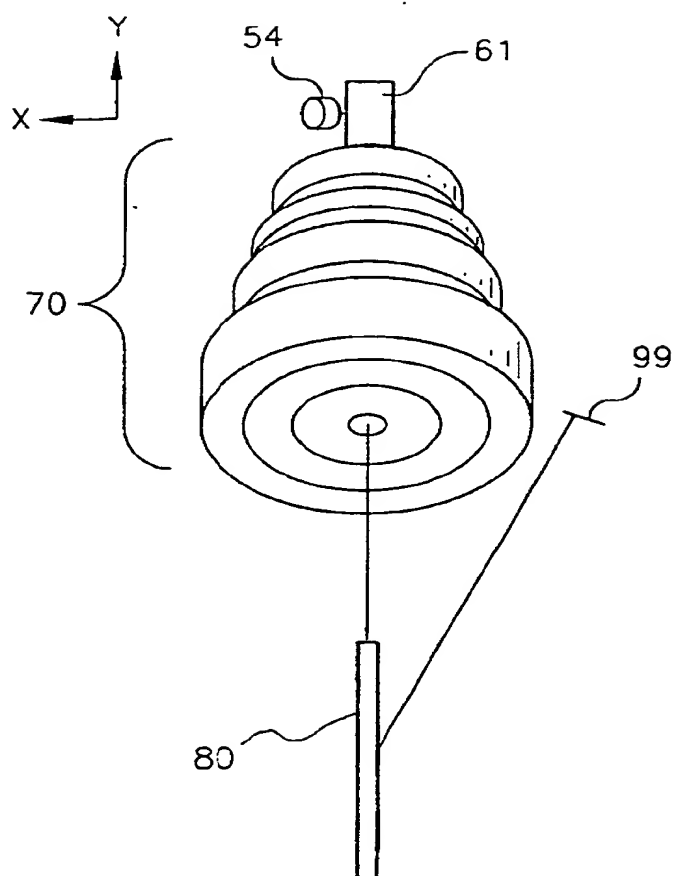


FIG. 8c

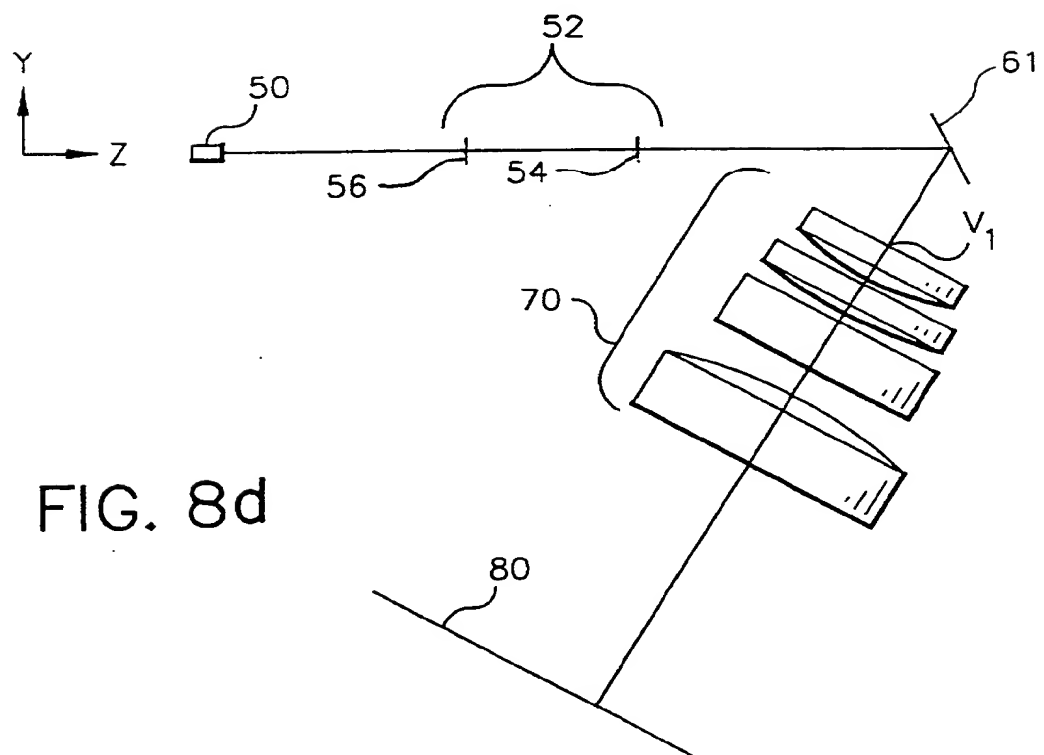


FIG. 8d

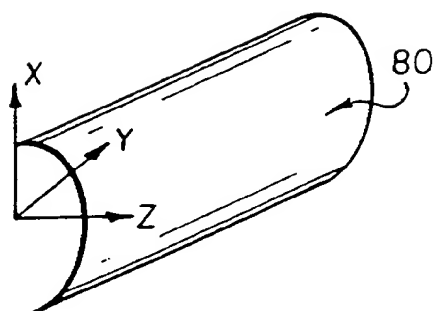


FIG. 8e

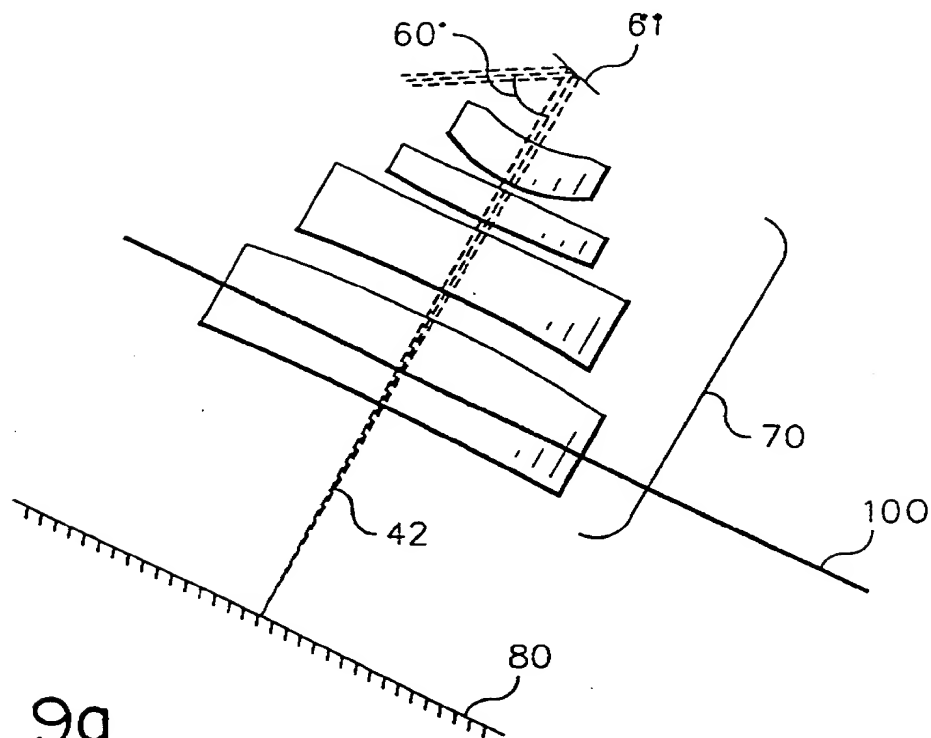


FIG. 9a

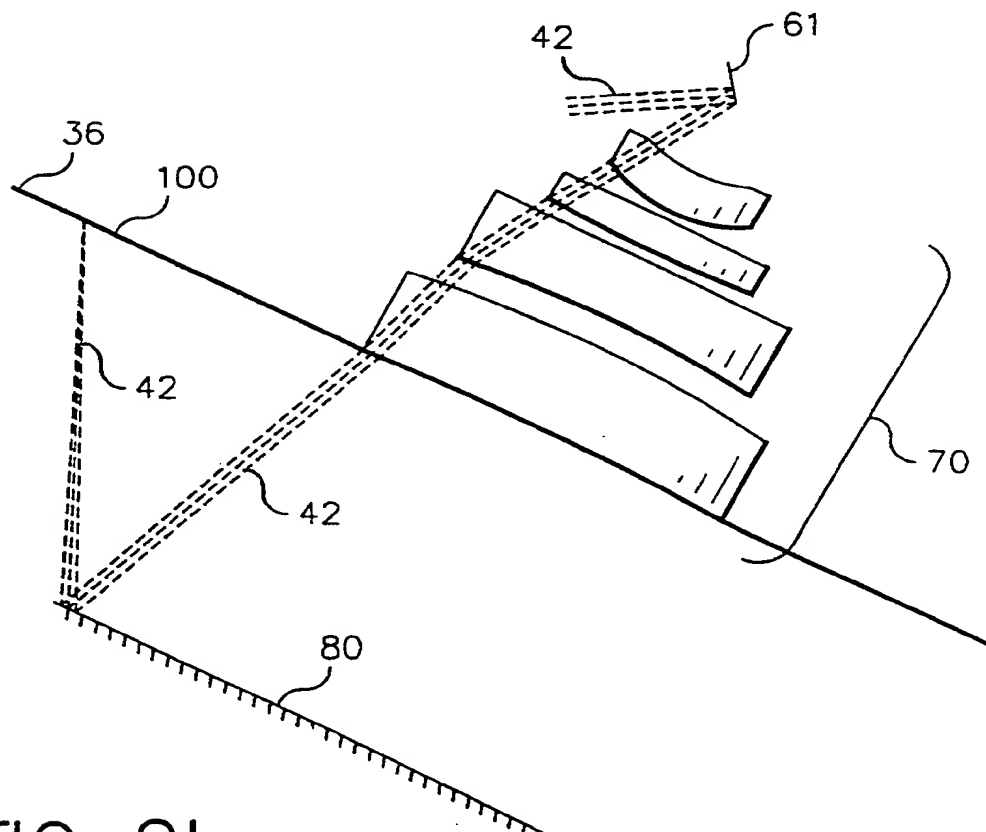


FIG. 9b



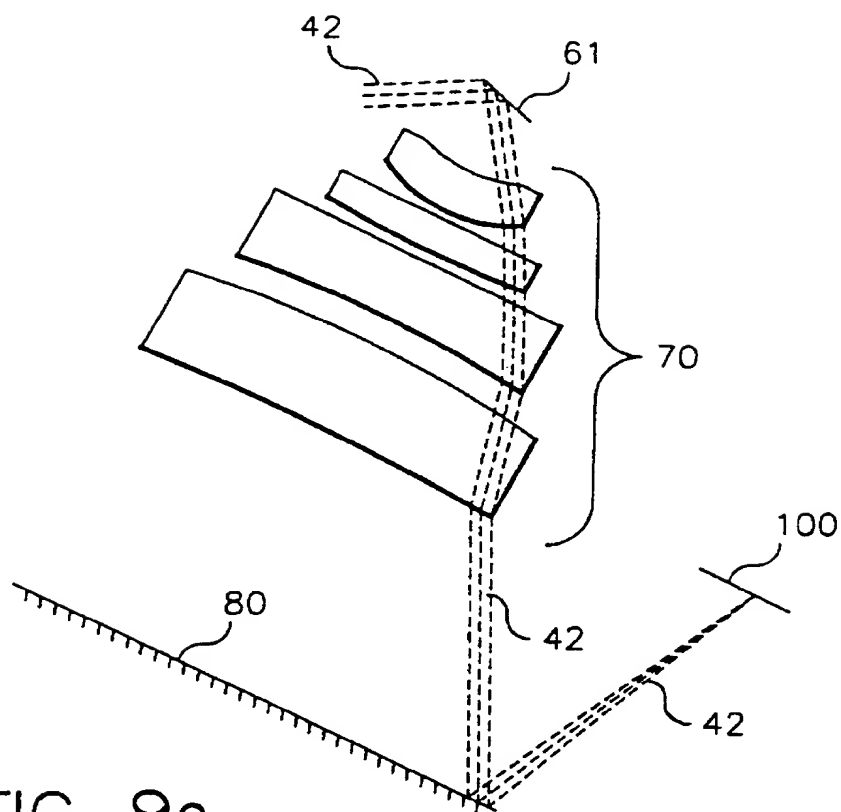


FIG. 9c

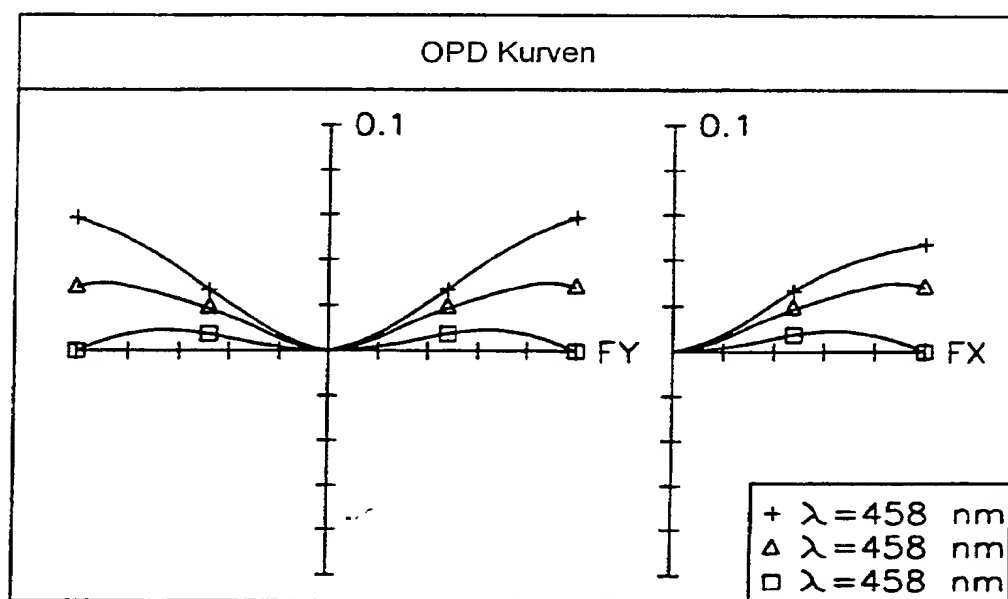


FIG. 10

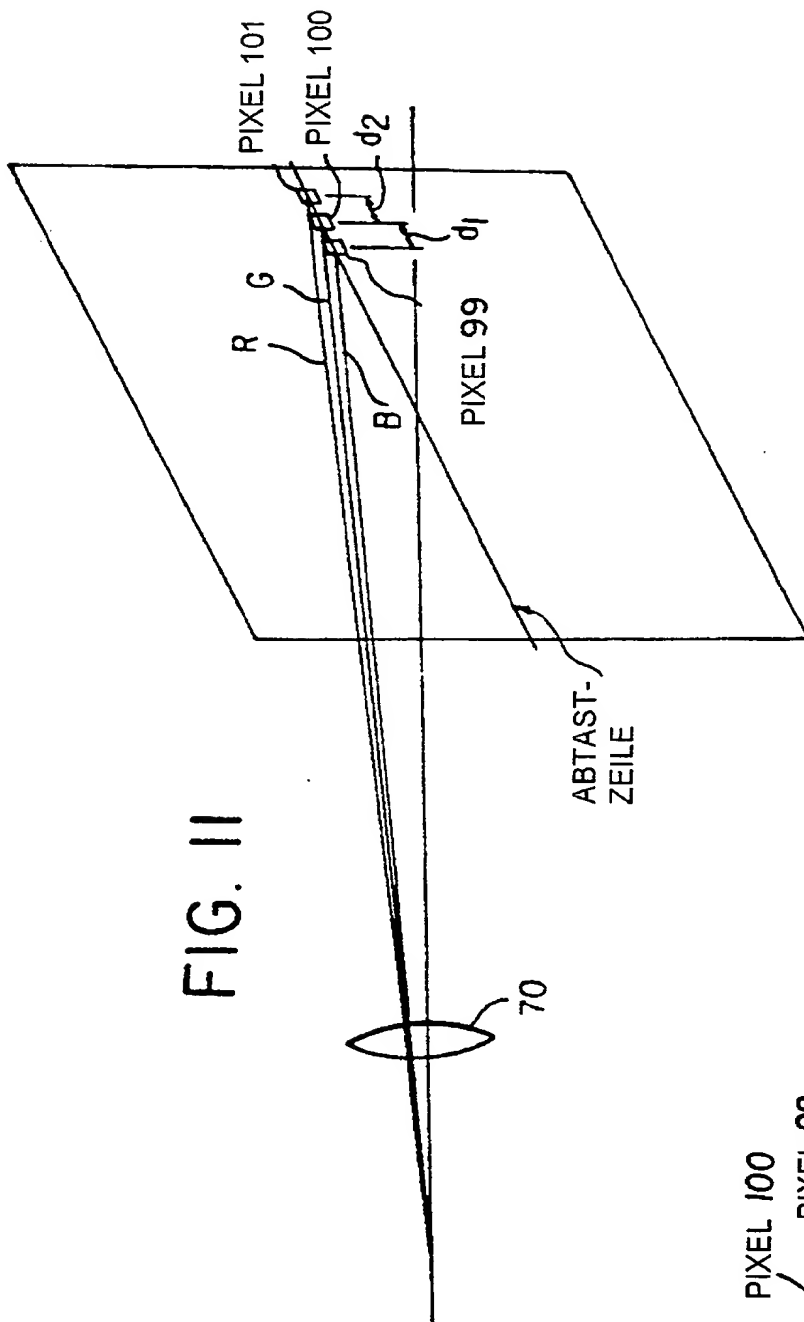


FIG. 11

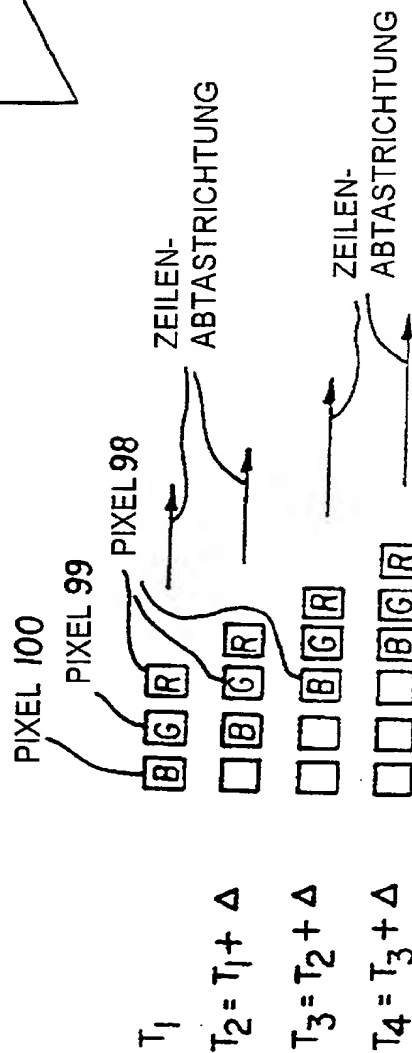


FIG. 12